

resinae

dezembro 2024

RESINA NATURAL
NATURALMENTE RENOVÁVEL



© COLLAB ForestWISE



"(...) é necessário criar as condições para incrementar o valor dos produtos e subprodutos florestais."

Nuno Canada

O Potencial da Colofónia para a Bioeconomia como Matéria-prima Natural e Renovável

Firmino Rocha

Biopolímeros e Resinas: Inovação Sustentável na Formulação de Adesivos

KEMI - Pine Rosins

ÍNDICE



10

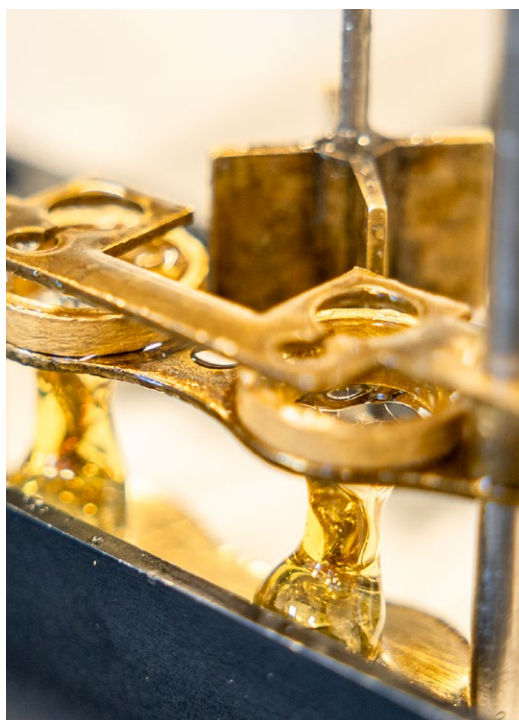
Nuno Canada | Entrevista

“(…) é necessário criar as condições para incrementar o valor dos produtos e subprodutos florestais.”

16

Firmino Rocha | Opinião

O Potencial da Colofónia para a Bioeconomia como Matéria-prima Natural e Renovável



Biopolímeros e Resinas: Inovação Sustentável na Formulação de Adesivos



- 6** **Pedro Gil | Entrevista**
"A segunda transformação da terebintina incentiva o desenvolvimento da bioeconomia, através do uso sustentável de recursos, energia, materiais e produtos."
- 20** **Duarte Marques | Opinião**
Existem modelos de gestão florestal com aproveitamento da resinagem que valorizam a floresta de pinho em Portugal?
- 26** **Instituto Superior de Agronomia | Artigo**
Como resinam as espécies de pinheiro existentes em Portugal continental? A importância de uma rede de parcelas permanentes
- 38** **Gum Rosin | Artigo**
Segunda transformação da Terebintina: Produção de uma Resina Natural de valor acrescentado
- 44** **Universidade de Aveiro | Artigo**
Pastas estimulantes para produção de resina de pinheiro: investigação e perspetivas futuras
- 52** **Comunicação**

FICHA TÉCNICA

Direção Técnica

Carlos Fonseca, CoLAB ForestWISE
Rogério Rodrigues, CoLAB ForestWISE
Marta Martins, CoLAB ForestWISE

Editor Chefe

Joana Vieira, CoLAB ForestWISE

Revisão Técnico-científica

Joana Vieira, CoLAB ForestWISE

Design e Paginação

Joana Rodrigues, CoLAB ForestWISE

Corpo Editorial

Miguel Pestana, INIAV
António Mendes-Ferreira, United Resins
Firmino Rocha, KEMI Pine Rosins
Marco Ribeiro, Resipinus
Pedro Teixeira, Centro Pinus

Propriedade

©Colab ForestWISE

Morada

Quinta de Prados, Campus da UTAD
5001-801 Vila Real, Portugal

Contactos

geral@rn21.pt

Tiragem

750 exemplares

Periodicidade

Bianual

ISSN

2975-9595

Projeto Integrado RN21 - Inovação na Fileira da Resina Natural para Reforço da Bioeconomia Nacional, é cofinanciado pelo Fundo Ambiental através da Componente 12 – Promoção da Bioeconomia Sustentável (Investimento TC-C12-i01 - Bioeconomia Sustentável N.º 02/C12- i01/202), dos fundos europeus atribuídos a Portugal pelo Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), no âmbito do Mecanismo de Recuperação e Resiliência (MRR) da União Europeia (EU), enquadrado no Next Generation UE, para o período de 2021 - 2026.

EDITORIAL

Na quarta edição da revista Resinae, exploramos o compromisso contínuo do setor da Resina Natural com a Bioeconomia, centrado na inovação e otimização da sua cadeia de valor. Num momento em que as questões ambientais e o desenvolvimento sustentável são temas prioritários, a Resina Natural surge como um recurso relevante para uma economia mais verde, contribuindo para a transição ecológica de Portugal e da Europa. A Resina Natural representa um dos poucos setores que une práticas florestais responsáveis com o fornecimento de matérias-primas naturais, biobased e multifuncionais. A resina é essencial em várias indústrias – desde a farmacêutica à cosmética, do automóvel às tintas e vernizes, entre muitos outros. Esse carácter versátil da Resina Natural aumenta a procura global e posiciona-a como uma alternativa sustentável face aos derivados fósseis. A promoção de uma cadeia de valor otimizada é, portanto, essencial para garantir que Portugal aumente o seu potencial de produção e transformação da resina de pinheiro-bravo, alinhado com os compromissos de sustentabilidade.

A valorização e o crescimento do setor dependem de uma cadeia de valor que valorize cada etapa: da resinagem sustentável à inovação no tratamento e transformação da resina, até ao mercado. A implementação de práticas que promovam o aproveitamento da regeneração natural e a gestão eficiente dos povoamentos de pinheiro-bravo são fundamentais para assegurar a disponibilidade contínua deste produto biológico. Esta cadeia de valor estende-se ainda ao desenvolvimento de novas aplicações que favoreçam a economia circular, com os biopolímeros e um leque crescente de produtos e mercados.

O apoio à certificação e a criação de normas de qualidade reforçam também a competitividade da resina portuguesa, aumentando a confiança dos mercados e possibilitando a entrada em novos setores que valorizam a rastreabilidade e a sustentabilidade dos produtos. Neste contexto, o consórcio RN21 desempenha um papel essencial, apostando em investigação, desenvolvimento tecnológico e inovação aplicada.

Carlos Fonseca
CTO CoLAB ForestWISE



Esta edição da Resinae destaca os avanços, desafios e estratégias para uma Resina Natural mais competitiva, sustentável e amplamente valorizada. O compromisso com a bioeconomia não é apenas um ideal, mas sim uma realidade em construção, que posiciona o setor como um aliado fundamental na preservação ambiental, na economia verde, na melhoria das condições de vida das pessoas que se relacionam com a floresta de pinho e na valorização do Mundo Rural.

PEDRO GIL | ENTREVISTA

**“A SEGUNDA
TRANSFORMAÇÃO DA
TEREBINTINA INCENTIVA
O DESENVOLVIMENTO DA
BIOECONOMIA, ATRAVÉS
DO USO SUSTENTÁVEL
DE RECURSOS, ENERGIA,
MATERIAIS E PRODUTOS.”**

Pedro Gil é o Administrador Executivo da Gum Rosin onde trabalha na área de investigação e desenvolvimento de produto. Com formação na área da química, desenvolve trabalho na implementação de processos industriais e processos fabris no setor da fileira do pinheiro.

A GUM Rosin – Gestão de Projetos de I&D, S.A é uma start-up fundada em 2021, localizada em Cantanhede e inserida no sector de fabrico de produtos químicos. A atividade da Gum Rosin está centrada na produção, investigação e desenvolvimento de resinas terpénicas. O seu projeto no âmbito do RN21 envolve a construção de uma unidade de produção até ao final de 2025 e o início da produção e comercialização de resinas terpénicas a partir de 2026.

Quais são os principais produtos fabricados pela Gum Rosin e quais as suas aplicações mais comuns?

A atividade da Gum Rosin está centrada na produção, investigação e desenvolvimento de resinas terpénicas. O foco atual é a utilização de monómeros oriundos da resina de pinheiro, tais como o alfa-pineno e beta-pineno, os quais são provenientes da destilação fracionada de terebintina.

A sustentabilidade é uma preocupação crescente na indústria. Quais são as práticas adotadas pela Gum Rosin para garantir a sustentabilidade da sua produção?

A sustentabilidade é uma questão crucial na atividade onde a Gum Rosin se enquadra, sendo imperativa a adoção de práticas que garantam a sustentabilidade. A Gum Rosin está em linha com as melhores práticas do setor, incluindo a:

1. Otimização da Eficiência Energética

- Procura pelo uso de energia renovável e substituição de fontes de energia fóssil por fontes renováveis.
- Otimização de processos: Implementar tecnologias e processos que permitam reduzir o consumo de energia.

- Monitorização: Implementação de sistemas de monitorização do uso e consumo de energia para identificar desperdícios e otimizar a eficiência.

2. Redução de Emissões

- Controle de emissões de CO₂: Reduzir as emissões de gases de efeito estufa adotando tecnologias mais limpas.
- Substituição de produtos de origem não renovável: Colocar no mercado produtos de origem renovável, em substituição de produtos equivalentes de origem fóssil.

3. Gestão de Resíduos

- Economia circular: Implementar um modelo de gestão de resíduos com vista a potenciar a reutilização no processo produtivo.
- Reciclagem: Promover a reciclagem de materiais e o reaproveitamento de recursos, reduzindo o envio de resíduos para aterros.

4. Uso Responsável de Recursos Naturais

- Gestão sustentável da água: Reduzir o uso de água e implementar sistemas de tratamento e reutilização.
- Monitorização: Implementação de sistemas de monitorização do uso e consumo de água para identificar desperdícios e otimizar a eficiência.

5. Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis

- Inovação de materiais: Procurar alternativas para materiais mais sustentáveis, como polímeros de origem natural (resinas politerpénicas), garantindo a melhoria da pegada ecológica.

6. Incentivo à Inovação

- I&D em tecnologias verdes: Investir em investigação e desenvolvimento de soluções tecnológicas que possam reduzir o impacto ambiental e otimização de recursos.

- Parcerias e colaborações: Colaborar com outras empresas para a investigação e desenvolvimento de novas tecnologias e práticas mais sustentáveis.

De que forma participa a Gum Rosin no Projeto Integrado RN21?

A Gum Rosin potencia o alcance do Consórcio RN21, ao alargar a área de atividade das resinas de base natural oriundas da resina de pinheiro. Portugal tem uma forte tradição na resinagem e produção de terebintina, contudo a transformação de terebintina nunca teve grande expressão comercial. O projeto da Gum Rosin no âmbito do RN21 pretende mudar isso, criando valor acrescentado à terebintina através da produção de resinas terpénicas derivadas de terebintina.

A atividade da Gum Rosin irá assentar em sinergias entre empresas de resinas naturais já existentes, produzindo um produto inovador em Portugal e contribuindo para a competitividade do setor.

Como é que a segunda transformação da terebintina poderá contribuir para uma cadeia de valor mais sustentável e para a bioeconomia?

A transformação da terebintina em produtos de maior valor acrescentado promove a redução do impacto no ambiente, em comparação com produtos equivalentes derivados de petróleo. Isto inclui a redução de emissões de gases de efeito estufa e menor utilização de energia. Os produtos derivados de terebintina tendem a ser mais biodegradáveis do que seus equivalentes petroquímicos, o que contribui para a redução da poluição e a proteção dos ecossistemas e da biodiversidade.

A segunda transformação da terebintina incentiva o desenvolvimento da bioeconomia, através do uso sustentável de recursos, energia, materiais e produtos. O uso de resinas e derivados de resina provenientes de florestas geridas de forma sustentável fortalece a economia rural, criando oportunidades económicas em áreas ligadas à silvicultura, agricultura e indústria química verde.



A produção de biopolímeros é uma área emergente e crucial para a sustentabilidade. Quais são as principais aplicações dos biopolímeros que a Gum Rosin está a desenvolver no âmbito do RN21?

As resinas politerpénicas têm excelentes propriedades de adesão e de *tack*, sendo amplamente utilizadas em vários setores, tais como: adesivos, tintas, revestimentos, vedantes, borracha e *chewing gum*.

Quais são as vantagens ambientais dos biopolímeros desenvolvidos pela Gum Rosin em comparação com os plásticos convencionais?

Os biopolímeros, nomeadamente as resinas politerpénicas, oferecem várias vantagens ambientais em comparação com os plásticos convencionais, que são derivados de combustíveis fósseis e fontes não renováveis. Estas vantagens estão relacionadas com a substituição de produtos de origem fóssil contribuindo para a biodegradabilidade, redução do impacto ambiental, redução da toxicidade para a saúde humana e o fomento da bioeconomia.

Com a crescente procura por produtos naturais e sustentáveis, como é que a Gum Rosin irá responder às futuras necessidades do mercado?

A crescente procura por produtos naturais e sustentáveis cria uma maior demanda do mercado por biopolímeros, posicionando-se a Gum Rosin como um *player* de referência, suprimindo esta lacuna no mercado atual.

Quais são as expectativas da Gum Rosin em relação aos resultados do Projeto Integrado RN21 e como é que eles podem impactar a empresa e a indústria como um todo?

O Projeto Integrado RN21 veio possibilitar a colaboração entre empresas do mesmo setor, gerando sinergias, inovação e expansão de negócios na área da fileira do pinheiro. Esta colaboração veio criar inovação, aumentar a competitividade e permitir novas oportunidades de negócio. Este novo paradigma no sector da bioeconomia permitiu que uma empresa com elevado foco na inovação e sustentabilidade, como a Gum Rosin, se estabelecesse no mercado, enriquecimento a cadeia de valor deste setor.



Pedro Gil
Administrador Executivo da Gum Rosin

Os produtos derivados de terebintina tendem a ser mais biodegradáveis do que seus equivalentes petroquímicos, o que contribui para a redução da poluição e a proteção dos ecossistemas e da biodiversidade.

NUNO CANADA | ENTREVISTA

**“(...) É NECESSÁRIO
CRIAR AS CONDIÇÕES
PARA INCREMENTAR O
VALOR DOS PRODUTOS
E SUBPRODUTOS
FLORESTAIS.”**



Nuno Canada exerce funções de Presidente do Conselho Diretivo do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) desde 2013, sendo Membro do Conselho de Administração do Centro Internacional de Altos Estudos Agronómicos Mediterrânicos (CIHEAM) em Paris, desde 2013. É Professor Associado do Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto, desde 1999.

O INIAV tem um papel crucial na investigação agrária e veterinária em Portugal. Quais são as principais áreas de investigação do INIAV no setor florestal?

O INIAV tem uma grande abrangência de atividade, embora centrada nas áreas da agricultura e alimentação, floresta e biodiversidade e desenvolvimento do território, em particular dos meios rurais.

No setor florestal, desenvolve atividades em toda a cadeia de valor, nomeadamente na área do ambiente e recursos naturais, produção florestal, indústria, e áreas conexas. A sanidade florestal, o melhoramento genético, a introdução de novas ferramentas e soluções na cadeia de valor são preocupações das nossas equipas de investigação.

Realçamos a abordagem integrada, sistémica, que procuramos fazer, ligando a floresta ao território, aos sistemas mistos de pecuária, floresta e agricultura, incluindo as dimensões da apicultura, dos recursos silvestres, e da promoção da biodiversidade.

Como é que o INIAV está a contribuir para o desenvolvimento do setor florestal, nomeadamente na área da Resina Natural?

O INIAV integrou vários estudos e ensaios de produção de resina a partir de árvores vivas, tipicamente pinheiro-bravo, mas também, em menor escala, pinheiro-manso, de acordo com vários fatores de produção, por exemplo tempo de duração e início da campanha resineira ou aplicação de diversos estimulantes químicos da resinagem.

Também se fizeram várias tentativas de mecanização da extração de Resina Natural, tradicionalmente feita com métodos muito rudimentares, procurando diminuir o elevado custo da mão-de-obra envolvida nas operações de resinagem.

De realçar a participação nos mais importantes projetos de investigação europeus que têm tido lugar sobre este tema, de que falaremos mais adiante, revela o interesse e a capacidade de intervenção do INIAV.

Qual é a participação do INIAV no âmbito do Projeto Integrado RN21?

A produção de resina de forma organizada em Portugal foi iniciada no séc. XIX na Mata Nacional de Leiria e, mais tarde, nos povoamentos de pinheiro-bravo e nos baldios do Centro e Norte do País. Por essa altura (década de 30 do século passado) foi criada a Junta Nacional dos Resinosos, que na década de 70 desse século, integra o Instituto dos Produtos Florestais (IPF). Nessa década, Portugal foi o terceiro principal produtor mundial de Resina Natural. Com a integração de Portugal na Comunidade Económica Europeia (CEE), este organismo de Coordenação Económica foi extinto,



Nuno Canada
Presidente do Conselho Diretivo
do INIAV

No setor florestal, o INIAV desenvolve atividades em toda a cadeia de valor, nomeadamente na área do ambiente e recursos naturais, produção florestal, indústria, e áreas conexas. A sanidade florestal, o melhoramento genético, a introdução de novas ferramentas e soluções na cadeia de valor são preocupações das nossas equipas de investigação.

pelo que as competências técnicas e laboratoriais do IPF transitaram para o INIA, atualmente Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), reforçando o *Knowhow* da sua Estação Florestal Nacional (EFN). Coincidindo com a entrada de Portugal na CEE, mais tarde UE (União Europeia), desencadearam-se múltiplos fatores de declínio desta Fileira, de que se destaca a concorrência de resinas de outras regiões (China e Brasil) a preços muito mais baixos, i.e., a diferenciação por custo não pode ser acompanhada por Portugal. Contudo, a indústria da primeira e segunda transformação mantiveram-se e adaptaram-se ao novo panorama, o que permitiu manterem-se como uma referência internacional. O Projeto Integrado RN21 - Inovação na Fileira da Resina Natural para Reforço da Bioeconomia Nacional, alicerçado num Consórcio de 37 parceiros, permite juntar nesta iniciativa toda a Fileira promovendo investigação e inovação para uma maior valorização da Resina Natural nacional enquanto produto "bio". Nesse sentido, o INIAV coloca o seu saber acumulado ao dispor desta Fileira, pelo que a sua participação no Pilar 1 do RN21 - "Fomento da produção da Resina Natural nacional" -, com especial enfoque no Programa de Melhoramento Genético do pinheiro-bravo para resinagem, no *benchmarking* de outros *Pinus* produtores de resina e I&D&I nas técnicas de resinagem e vaso coletor, são temas nevrálgicos para o sucesso a montante desta Fileira.

Neste Projeto, o INIAV é responsável pelo projeto "Programa de melhoramento genético do pinheiro-bravo específico para a resinagem" pertencente ao Pilar I, Iniciativa 1 "Reforço da capacidade produtiva do pinhal", Medida M1.

O INIAV colabora em mais duas medidas do Projeto Integrado: "I1M2: *Benchmarking* de outros *Pinus* produtores de resina" integrado no Pilar I, Medida M2, liderado pelo ISA e "I2.M2: I&D nas técnicas de resinagem e vaso coletor" pertencente ao Pilar I, Iniciativa 2 "Aumentar a produtividade da resina", liderada pela UTAD.

De que forma é que o melhoramento genético pode aumentar a produção de resina natural?

O programa de melhoramento genético, que o INIAV definiu para contribuir para o aumento do potencial de produção de resina, irá atuar ao nível da seleção genética de árvores superiores para a produção de resina. Tem como objetivos globais: 1) identificação de árvores geneticamente superiores através de uma metodologia inovadora, a seleção massal genotípica; 2) estabelecimento de três pomares clonais para produzir material florestal de reprodução (sementes e garfos) de pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait.) de qualidade genética superior comprovada para a característica em causa; 3) criação de uma plataforma SNPs (*Single-nucleotide polymorphism*) para seleção assistida para a produção de resina.

Qual é o potencial do melhoramento genético para a floresta de pinheiro-bravo portuguesa?

Ensaio genéticos recentes, liderados pelo INIAV ao abrigo do Programa PDR2020 Operação 7.8.5, indicaram a existência de variabilidade significativa com forte controlo genético. Com o projeto PDR2020-785-063762 “Pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Aiton): conservação e melhoramento dos recursos genéticos” estabeleceram-se dois ensaios clonais de resinagem à morte, em árvores enxertadas com idades compreendidas entre 40 e 45 anos. A produção de resina de cada clone foi acompanhada durante dois anos. Os resultados mostraram valores elevados para a heritabilidade em sentido lato (H^2) para a produção de resina, os quais variaram entre 0,72 e 0,88. Esta forte componente genética, associada à deteção da existência de variabilidade genética são condições necessárias e suficientes para o sucesso de um programa de melhoramento genético para a característica em causa.

De que modo o INIAV colabora com outras instituições de investigação e com a indústria para fortalecer a resiliência das florestas portuguesas e melhorar a produção de resina?

O INIAV tem participado em vários projetos internacionais de âmbito europeu em conjunto com instituições de investigação de vários países (Espanha e França, principalmente) com o objetivo de reativar o setor da Resina Natural na Europa, que é altamente deficitária em produtos resinosos. Várias unidades industriais de primeira transformação e, mais recentemente, de derivados da resina e também associações representativas de resineiros, têm sido parceiros ativos nestes projetos, já que não é possível conseguir o desenvolvimento do setor ou mesmo a sua manutenção em níveis de atividade relevante sem o concurso destes agentes. São disso exemplo projetos que tiveram por objetivo modernizar as técnicas e tecnologias aplicadas à exploração e recolha da resina (projeto Eureka Eurogem) e, recentemente, o Projecto Interreg Sudoe - SUSTFOREST

PLUS, que tentou uma abordagem integrada de toda a Fileira da Resina Natural, identificando estrangulamentos e apresentando soluções inovadoras. Os resultados encontram-se disponíveis no respetivo site.

A atividade da resinagem, para além da riqueza que gera, garante uma presença humana na floresta superior à de qualquer outra atividade produtiva, nomeadamente na época de maior suscetibilidade da floresta aos incêndios, funcionando os resineiros simultaneamente como agentes de prevenção, deteção precoce e primeiro combate aos fogos florestais. A própria preparação dos povoamentos para a atividade da extração de resina implica a criação de caminhos florestais, onde os não há, e uma redução do material combustível no sub-bosque, por forma a permitir o acesso às árvores.

Como é que o INIAV planeia continuar a contribuir para a bioeconomia nacional e a sustentabilidade do setor florestal?

O INIAV compartilha o princípio da redução da dependência dos derivados do petróleo, pelo que se solidariza com o compromisso da Indústria Química Europeia, que identifica entre as suas prioridades, o desenvolvimento de fontes estáveis de fornecimento de matérias-primas florestais, de preferência dentro da própria Europa.

Nesse sentido, a sua participação no RN21 assenta na contribuição para os objetivos do PRR, em concreto da componente C12 – Bioeconomia Sustentável e em articulação com outras componentes, nomeadamente a C8 – Florestas e a C5 – Capitalização e Inovação Empresarial, um dos princípios orientadores do Consórcio.

Este princípio, assenta num conjunto de objetivos que se prendem em contribuir para a bioeconomia nacional e para a sustentabilidade do setor florestal, através do incremento da resiliência económica e promoção da bioeconomia sustentável. O INIAV apoia e apoiará as empresas do setor florestal na diversificação do seu portfólio de produtos de base biológica, de maior valor acrescentado, e na eventual melhoria e modernização

dos processos produtivos, por via da incorporação de novas tecnologias, promoção da descarbonização e adoção dos princípios de Economia Circular.

Consequentemente, a contribuição para a neutralidade carbónica e para uma floresta portuguesa mais produtiva e resiliente é preocupação do INIAV e, desta forma, reforçar a capacidade de sumidouro de carbono, através do melhoramento do material vegetal que permita aumentar a produção dos produtos florestais de qualidade.

Acresce ainda, para que tudo isto se concretize, é importante não descurar a coesão territorial do tecido empresarial deste setor, com o aumento da competitividade das empresas e da criação de emprego qualificado e, ainda, com o reforço da articulação em ciência e na tecnologia, pelas atividades de I&D&I, em parcerias com empresas do setor.

Quais são os principais desafios que identificam na transição para uma bioeconomia sustentável?

Na transição para uma bioeconomia sustentável é necessário criar as condições para incrementar o valor

dos produtos e subprodutos florestais, potenciando um maior leque de aplicações de mercado. Acresce que esta intenção se faz conjuntamente com o fomento da modernização e inovação do conhecimento existente nos SCTN, de que o INIAV faz parte, em todas as cadeias de valor da Fileira Florestal.

Não devemos esquecer os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas 2030, já que a transição para uma economia mais sustentável deve ser uma resposta a estes objetivos, pois oferece inúmeras oportunidades para a revitalização de setores mais tradicionais da economia portuguesa assentes na exploração de recursos naturais renováveis.

Por outro lado, há já inúmeros documentos estratégicos que reconhecem a importância da floresta e das diferentes cadeias de valor para uma economia hipocarbónica e resiliente, que alavancam I&D&I com as empresas desta Fileira, com o intuito de criar produtos e serviços na floresta com maior valor acrescentado, que criem receitas para o proprietário florestal, contribuindo para a criação de emprego e de empresas de base local.

“O programa de melhoramento genético, que o INIAV definiu para contribuir para o aumento do potencial de produção de Resina Natural, irá atuar a nível da seleção genética de árvores superiores para a quantidade de resina.”

FIRMINO ROCHA | OPINIÃO

O POTENCIAL DA COLOFÓNIA PARA A BIOECONOMIA COMO MATÉRIA-PRIMA NATURAL E RENOVÁVEL

A transição para uma economia mais sustentável e baseada em recursos naturais renováveis é uma prioridade crescente em todo o mundo. A bioeconomia, que assenta na utilização de recursos biológicos, renováveis de ciclos curtos para substituir materiais e combustíveis fósseis, tem vindo a ganhar destaque. Nesse contexto, a colofónia, uma Resina Natural extraída de florestas comerciais plantadas com o desígnio de produção de resina,

surge como uma matéria-prima promissora, cujos benefícios económicos e ambientais ainda não são suficientemente explorados.

A colofónia, também conhecida como breu, é utilizada há séculos na fabricação de matérias-primas base e para a indústria de vernizes, adesivos, tintas, cosméticos, indústria farmacêutica, produtos alimentares, borracha, papel, construção e outras aplicações técnicas. Contudo, nos últimos anos, a



sua versatilidade como matéria-prima renovável ganhou novo destaque, graças à crescente procura por alternativas sustentáveis aos produtos de origem fóssil. A colofónia é extraída a partir da exsudação de pinheiros do género *Pinus*, como o pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait.), o *Pinus elliottii* Engelm., o *Pinus Massoniana* Lamb., e o *Pinus Caribaea* Morelet, entre muitas outras espécies abundantes em todo o planeta. Por tradição Portugal é de facto um país numa

posição vantajosa para a produção de colofónia de alta qualidade. Além da sua utilização nas indústrias de tintas, vernizes e adesivos, este composto natural tem sido estudado para a produção de polímeros biodegradáveis, com o propósito de vir a substituir polímeros de origem fóssil convencionais, e até para a criação de biocombustíveis. A sua capacidade de ser transformada e adaptada a diferentes finalidades sem os efeitos negativos que os materiais petroquímicos

acarretam para o meio ambiente é uma das principais vantagens deste material “divino”.

A plantação e manutenção de florestas de pinheiros para a produção de colofónia pode ser feita de forma sustentável, permitindo a regeneração contínua das árvores, contribuindo assim para a captura de carbono da atmosfera. A utilização da colofónia, ao contrário dos produtos derivados de combustíveis fósseis, não adiciona mais carbono ao ciclo, pelo contrário, é um produto com pegada de carbono negativa, o que contribui para a mitigação das alterações climáticas.

Além disso, a extração de resinas pode coexistir com outras práticas de gestão florestal, como a produção de madeira ou papel, gado, criando assim uma bioeconomia circular, onde o valor da floresta é maximizado de forma sustentável. Este ciclo de renovabilidade não só promove a proteção das florestas, como também gera novos empregos e oportunidades económicas nas regiões rurais, muitas vezes afetadas pelo despovoamento.

Apesar do grande potencial da colofónia, existem ainda desafios para a sua implementação em larga

Firmino Rocha

Administrador da KEMI - Pine Rosins



“A sua capacidade de ser transformada e adaptada a diferentes finalidades sem os efeitos negativos que os materiais petroquímicos acarretam para o meio ambiente é uma das principais vantagens deste material “divino”.”



escala na bioeconomia. Um dos principais obstáculos é a concorrência com produtos de origem fóssil muitas vezes mais baratos, que continuam a dominar o mercado devido à sua produção em massa e a baixo custo. No entanto, à medida que a consciência ambiental cresce e os regulamentos globais pressionam por soluções mais verdes, a colofónia pode tornar-se uma alternativa economicamente viável, especialmente se houver investimentos em inovação tecnológica e incentivos governamentais para a sua utilização. Além disso, a indústria da colofónia pode beneficiar de uma investigação contínua em torno de novas aplicações e processos de extração mais eficientes. O desenvolvimento de técnicas que melhorem a qualidade do produto e a sua aplicação em novos setores, como o da cosmética ou o dos biomateriais, pode aumentar a sua competitividade no mercado global.

A colofónia representa um excelente exemplo de como a natureza nos oferece soluções renováveis e sustentáveis para os desafios da economia moderna. Com o crescimento da bioeconomia e a procura por alternativas aos produtos de origem fóssil, a colofónia pode desempenhar um papel central na criação de uma economia mais verde, circular e sustentável. É necessário, no entanto, um compromisso firme por parte de governos, indústria e academia para investir em investigação, tecnologia e políticas que incentivem a utilização desta matéria-prima natural, colocando a colofónia no centro da revolução bioeconómica. Portugal, com as suas vastas áreas de pinhal e tradição na exploração de resina, está numa posição privilegiada para liderar este movimento. A pergunta que resta é: estaremos prontos para aproveitar todo o potencial que a colofónia tem para oferecer?





DUARTE MARQUES | OPINIÃO

EXISTEM MODELOS DE GESTÃO FLORESTAL COM APROVEITAMENTO DA RESINAGEM QUE VALORIZAM A FLORESTA DE PINHO EM PORTUGAL?

O Pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait.) é uma espécie autóctone com uma presença marcante na paisagem, que faz parte da nossa história e é património natural de Portugal. Mas, tal não basta para assegurar a sua importância e permanência no futuro!

A insuficiente gestão e valorização dos povoamentos de pinheiro-bravo está, essencialmente, na origem da sua forte degradação e desaparecimento, sobretudo por ação de incêndios florestais. Valorizar o pinheiro-bravo e toda a sua Fileira é imprescindível, promovendo a gestão ativa dos povoamentos de pinho, mas tal implica obrigatoriamente a afetação de recursos a essa mesma gestão, cujo provimento terá que ser assegurado, para além dos programas e medidas de financiamento público (e que ainda muito precisam de ser melhoradas/ajustadas em termos de dotação, previsibilidade, aprovação e pagamentos atempados, entre outros aspetos), pela valorização e exploração sustentável dos recursos, onde a Resina Natural tem, estamos convictos, um papel decisivo para a sustentabilidade economia, social e ambiental desta espécie em Portugal. Ora vejamos:

- (1) Existem, em Portugal, manchas ocupadas com povoamentos de pinheiro-bravo com dimensão suficiente para implementação de ações de gestão sustentáveis, com árvores já com diâmetros que permitem a sua resinagem e ainda a produção de outros produtos não lenhosos, sem que nelas ocorram as necessárias ações de gestão, ou mesmo qualquer atividade que não seja a exploração lenhosa, e cujos proprietários ou gestores estão disponíveis para a introdução de novos modelos de valorização, de proteção e de gestão.
- (2) É do conhecimento geral de que a produção lenhosa, no pinheiro-bravo, apenas permite retornos a médio longo prazo e que esta implica investimentos com

retorno diferido no tempo. Ao invés, a exploração de produtos florestais não lenhosos, caso da resina, que permite rendimentos a curto prazo, criando expectativas e fluxos financeiros que motivam e facilitam o investimento. No nosso território, onde a resinagem está presente há vários anos, são vários os exemplos em que a resina gera receitas anuais que podem variar entre os 150 e os 400 €/ha/ano. A exploração da resina pode, portanto, contribuir de forma significativa para aumentar a valorização dos espaços florestais e o financiamento de atividades de gestão.



Duarte Marques
Presidente da Aguiarfloresta

(3) Ainda, repito, ainda, existem empresas de resinagem interessadas em investir na atividade e na possibilidade de interligar e complementar a sua atividade com outras ações que permitam obter uma maior rentabilidade e proteção das áreas onde exercem a sua intervenção. Estas empresas procuram, essencialmente pela falta de mão-de-obra qualificada (resineiros) também uma maior estabilidade das equipas, que não se restrinja apenas à época da resinagem, estando cada vez mais disponíveis para se implicarem ou contribuírem para a gestão dessas mesmas áreas.

(4) Existem ainda habitantes em aldeias cuja vocação e ocupação do território envolvente é iminentemente florestal, e de pinhal-bravo, em situação de desemprego e cujas oportunidades para a sua empregabilidade são baixas e frequentemente fora da sua área de residência. A resinagem permite a criação de um posto de trabalho por cada 20 a 50 hectares (valor médio) de pinhal, sendo a atividade florestal mais dependente e com maior grau de intensificação de mão-de-obra.

(5) Começam a passar para o terreno os desenvolvimentos tecnológicos relacionados com o modelo de extração da Resina Natural, tal adoção vai permitir um efeito disruptivo na valorização da resinagem e, por consequência, na valorização do pinhal. A transição para sistemas de extração fechados, com bolsa ou púcaro, permitirá implementar a mecanização em algumas fases desta atividade, eliminando etapas não produtivas até então existentes. Esta transição permite também uma maior valorização da matéria-prima extraída, através duma maior preservação de componentes voláteis que deixam de se perder e ainda pela obtenção de um produto final sem qualquer tipo de impurezas, fatores muito valorizados pela indústria de primeira transformação.

(6) Existem alguns programas de apoio ao setor da resina e existe o Projeto Integrado RN21 - Inovação na Fileira da Resina Natural para Reforço da Bioeconomia Nacional - que importam concretizar eficazmente para alavancar e modernizar este setor. Não se pode desperdiçar esta oportunidade única para o setor da Resina Natural! Tendo nós consciência desta realidade, não nos restam muitas opções no caminho a tomar!

É construir e dinamizar, com as partes interessadas (proprietários e gestores florestais, empresas florestais e/ou de resinagem, organizações de produtores florestais, população local, entre outras entidades verdadeiramente interessadas) modelos de valorização integrada do pinhal com foco na resinagem, que conjuguem a gestão e exploração de recursos lenhosos com a exploração de recursos florestais não lenhosos, com base na exploração da resina – atividade com maior intensificação de mão-de-obra, continuidade no tempo e com retorno económico de curto/médio prazo – aliada ainda, se possível, à exploração de outros produtos e à prestação de serviços aos proprietários, gestores e às comunidades locais, constituíram-se, talvez, como a derradeira oportunidade de valorização dos povoamentos desta espécie, garantindo a sua gestão ativa, a criação de emprego e o desenvolvimento rural. Este tipo de modelos de valorização integrada do pinhal com foco na resinagem, são seguramente, modelos que promovem a valorização e diversificação dos recursos florestais e sustentabilidade da sua gestão ativa, diminuem a área da unidade mínima de gestão para a viabilização da atividade florestal, pois diversificam e aumentam as fontes de rendimento e, muito relevante, diminuem a exposição do pinhal ao risco de incêndio, substituindo a necessidade de investimentos não produtivos para a sua proteção, com aumento de eficiência da gestão e exploração florestal.



O desenvolvimento destas atividades florestais e a inerente criação de postos de trabalho também contribuem para a melhoria da percepção da importância da floresta e da sua proteção pelas comunidades e entidades locais.

Para melhorar a viabilidade deste tipo de modelo integrado, é importante a afetação / contratação de atividades de silvicultura, de gestão de combustíveis e de exploração de outros recursos aos empresários resineiros e suas equipas, pois tal proporcionará oportunidade de contratação permanente destes recursos humanos, eliminando a sazonalidade e intermitência da contratação e tornando-os progressivamente em operacionais florestais a tempo inteiro.

A resinagem e a exploração de outros produtos florestais não lenhosos, através do pagamento das rendas das árvores, dos salários aos resineiros e da venda de produtos, contribui para o aumento dos fluxos financeiros ao nível local e regional. O desenvolvimento destas atividades florestais e a inerente criação de postos de trabalho também contribuem para a melhoria da percepção da importância da floresta e da sua proteção pelas comunidades e entidades locais.

Os resineiros e demais atores florestais, com o seu conhecimento desses espaços, munidos com os devidos materiais e equipamentos, a formação adequada e devida integração nos dispositivos municipais de gestão integrada de fogos rurais, podem, claramente contribuir para a realização de ações de prevenção estrutural, de vigilância e deteção de fogos – no âmbito das suas atividades produtivas - e colaborarem com o dispositivo em primeiras intervenções e vigilância de rescaldos a incêndios florestais.

Transpor para o terreno este tipo de modelos de valorização integrada do pinhal com foco na resinagem, numa gestão operacional associada à exploração da resina e a outros produtos florestais não lenhosos, ou seja, baseada numa multiplicidade de valências e sinergias, permite reduzir para metade a área de pinhal necessária para garantir a sustentabilidade financeira caso se aproveitasse apenas na produção lenhosa. A integração e coordenação das diversas atividades é capaz de maximizar a criação de empregos estáveis e duradouros, para abastecer o mercado com matérias-primas sustentáveis, para contribuir para a valorização e proteção da floresta e do território e, não despendendo, contribuir para os compromissos ambientais de Portugal.

A resinagem não pode continuar a ser executada como atividade isolada sem qualquer integração na valorização de outros produtos florestais, na gestão florestal ou na proteção dos povoamentos. Esta situação conduz a uma sazonalidade no emprego, que anualmente se interrompe e recomeça de acordo com a campanha de resina, e ao subaproveitamento de presença e conhecimentos dos seus praticantes/resineiros.

Não acreditam que seja possível ou viável implementar este modelo?

Sim, é possível!

Querem ver como?

Venham-nos visitar à freguesia Tresminas, onde este modelo está implementado desde 2012, onde trabalham de forma permanente 8 pessoas e onde são geridos ativamente 200 hectares de pinhal.

Ficamos à vossa espera!

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

COMO RESINAM AS ESPÉCIES DE PINHEIRO EXISTENTES EM PORTUGAL CONTINENTAL? A IMPORTÂNCIA DE UMA REDE DE PARCELAS PERMANENTES

O pinheiro-bravo é a espécie resinosa que ocupa maior área florestal em Portugal continental. Com maior concentração nas regiões norte e centro, a sua utilização principal é a madeira. No entanto, no passado, e em regiões geográficas específicas, a resina aparecia como um complemento, constituindo uma receita anual para o proprietário. Na década de 70 do século XX, Portugal era um dos maiores

produtores mundiais de resina, com 146,968 toneladas anuais. Depois de um período menos favorável para a Fileira da Resina Natural, resultado, entre outros fatores, da concorrência de países como a China e o Brasil, estão agora criadas condições para a retoma da atividade. Atualmente, a substituição de combustíveis fósseis por alternativas de base biológica é uma exigência da sociedade e a oportunidade para o desenvolvimento

de novos produtos, onde se enquadram os produtos derivados de Resina Natural.

O conhecimento do potencial de produção de Resina Natural nacional é essencial para a indústria de primeira transformação definir estratégias resultantes da dependência da produção proveniente de outros países. Os cenários climáticos para Portugal preveem aumentos de temperatura, redução da precipitação e alteração do regime de precipitação anual, bem como o aumento da ocorrência de eventos extremos, tais como as ondas de calor e as tempestades. Uma das consequências será a alteração da localização das áreas das espécies florestais em Portugal, genericamente, associada à diminuição de área. Estando a produção nacional de Resina Natural centrada maioritariamente no pinheiro-bravo, justifica-se quantificar a produção de resina de outras espécies do género *Pinus* existentes no nosso país.

Apesar de todas as espécies do género *Pinus* terem a capacidade de exsudar resina, apenas algumas são exploradas comercialmente para obtenção deste produto. Para a Península Ibérica, encontram-se registos de produção de resina para as espécies *Pinus pinaster* Ait. (pinheiro-bravo), *P. pinea* L. (pinheiro-manso), *P. halepensis* Miller (pinheiro-de-Alepo), *P. sylvestris* L. (pinheiro-silvestre), *P. nigra* J.F. Arnold (pinheiro-larício) e *P. radiata* D.Don (pinheiro-insigne). Assim, no âmbito do Projeto Integrado RN21, definiu-se uma rede de parcelas permanentes de resinagem à vida com o objetivo de avaliar a aptidão para esta prática em espécies do género *Pinus* existentes em Portugal continental. As espécies foram selecionadas em função dos respetivos ótimos ecológicos, das características específicas e da área que ocupam atualmente em território nacional (Figura 1).

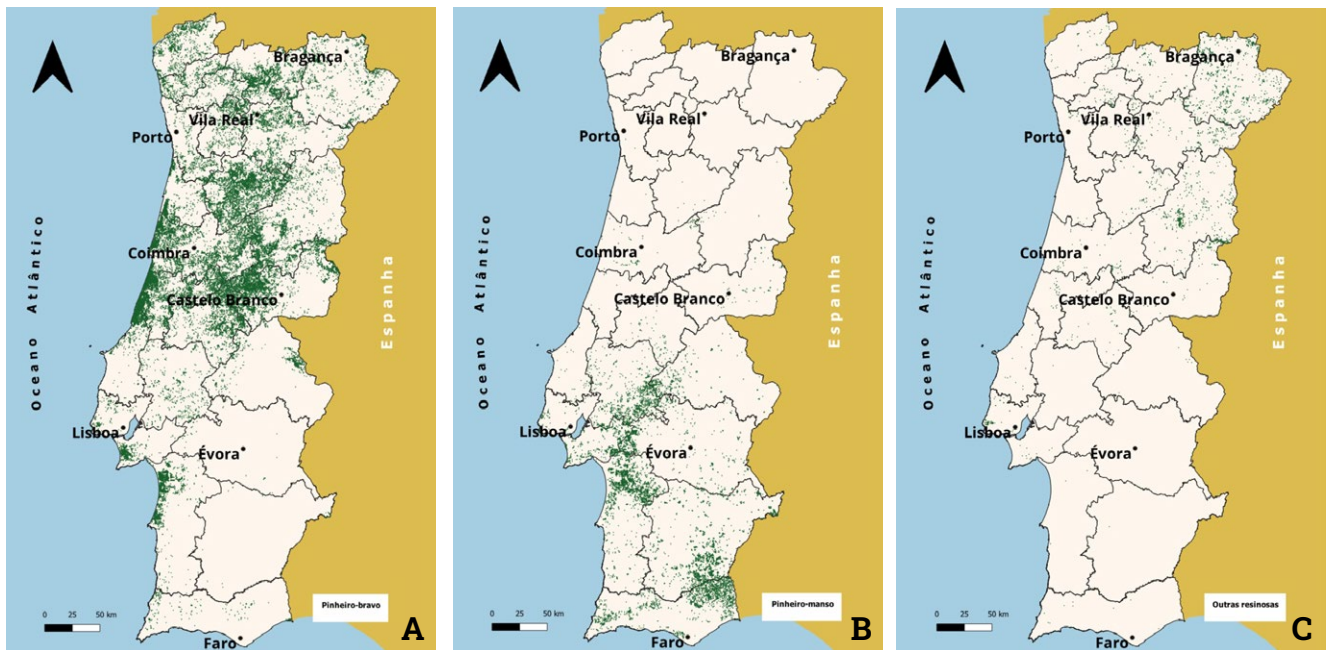


Figura 1 – Identificação e localização das espécies do género *Pinus* nas parcelas do 6º Inventário Florestal Nacional (IFN6) (ICNF); A – pinheiro-bravo; B – pinheiro-manso; C – Outras resinosas.

As parcelas permanentes foram instaladas, no início das campanhas de resinagem 2023 e 2024, em povoamentos que reuniam as seguintes condições (Figuras 2, 3 e 4): povoamentos puros das espécies selecionadas (pinheiro-bravo, pinheiro-manso, pinheiro-de-Alepo, pinheiro-silvestre, pinheiro-larício e pinheiro-insigne), povoamentos a resinagem pela primeira vez na modalidade de resinagem à vida, dimensão das árvores em diâmetro para cumprimento da legislação (Decreto Lei n.º 181/2015, 18 agosto), boa acessibilidade e fácil deslocação dentro dos povoamentos. Também foi definido um protocolo de instalação das parcelas e de realização da resinagem. Para que a produção não fosse influenciada pelo número de incisões em cada árvore – função do diâmetro da árvore - decidiu-se fazer uma única ferida por árvore, com um número de renovas dependente das datas de início e fim das campanhas, variáveis com o local e o resineiro. O período entre renovas foi, em média, 21 dias. A resinagem foi feita com saco aberto agrafado à árvore e com pasta tradicional. Em todas as parcelas, antes da instalação da resinagem, foram medidas as variáveis da árvore: diâmetro a 1.30 m de altura, altura total e altura da base da copa, de modo a caracterizar as parcelas (Quadro 1). Todas as árvores foram numeradas sequencialmente com chapas de alumínio pregadas à base da árvore. Tal como se pode ver no Quadro 1 (N e N>20), em todos os povoamentos existiam árvores com diâmetros inferiores a 20 cm, não permitindo a realização da resinagem à vida nestas árvores. As pesagens de resina foram feitas a meio e no final das campanhas, com recurso a um dinamómetro digital. O registo da produção de resina foi feito ao nível da árvore. Os valores apresentados são o somatório das duas pesagens após se retirar o peso dos sacos.

Figura 2 – Localização das parcelas permanentes instaladas nas campanhas 2023 e 2024 e que constituem a rede de parcelas de resinagem.

Campanha 2023

- Concelho de Vila Pouca de Aguiar, freguesia de Tresminas, Baldio de Covas, pinheiro-bravo;
- Concelho de Vila Pouca de Aguiar, freguesia de Bornes de Aguiar, Baldio Pinhal de Baixo, pinheiro-larício;
- Concelho de Vila Pouca de Aguiar, freguesia de Tresminas, Baldio da Aldeia de Revel, pinheiro-silvestre;
- Concelho de Oleiros, freguesia de Isna, Aldeia de Isna, pinheiro-bravo;
- Concelho de Moura, freguesia da Amareleja, propriedade privada, pinheiro-manso.

Campanha 2024

- Concelho de Alcobaça, freguesia de Pataias, propriedade privada, pinheiro-bravo;
- Concelho de Arcos de Valdevez, freguesia do Soajo, Baldio do Soajo, pinheiro-bravo;
- Concelho de Vila Nova de Cerveira, freguesia de Covas, Baldio de Covas, pinheiro-bravo;
- Concelho de Alenquer, freguesia da Ota, Perímetro Florestal da Serra de Ota, pinheiro-de-Alepo;
- Concelho de Oleiros, freguesia de Oleiros-Amieira, propriedade privada, pinheiro-insigne.





Figura 3 – Campanha 2023: parcelas de Vila Pouca de Aguiar – pinheiro-bravo, pinheiro-larício e pinheiro-silvestre.



Figura 4 – Campanha 2024: parcelas de Oleiros e Ota - pinheiro-insigne e pinheiro-de-Alepo.

Quadro 1 – Caracterização das parcelas permanentes de resinagem que constituem a rede de parcelas instalada no âmbito do Projeto Integrado RN21, no momento da instalação.

VPA, Vila Pouca de Aguiar; AV, Arcos de Valdevez; VNC, Vila Nova de Cerveira; Pb, pinheiro-bravo; Pl, pinheiro-larício; Ps, pinheiro-silvestre; Pm, pinheiro-manso; Pa, pinheiro-de-Alepo; Pi, pinheiro-insigne; hdom, altura dominante; N, número de árvores por ha; N>20, número de árvores com diâmetro superior a 20 cm por ha; G, área basal; dg, diâmetro quadrático médio.

Parcela	Nome	Área (m ²)	Ano instalação	hdom (m)	N (ha ⁻¹)	N>20 (ha ⁻¹)	G (m ² /ha)	dg (cm)
1	VPA-Pb	1089	2023	13.1	882	496	33.2	21.5
2	VPA-Pl	987	2023	25.7	952	750	62.1	28.8
3	VPA-Ps	1190	2023	18.0	454	345	27.4	27.7
4	Oleiros-Pb	1190	2023	17.6	689	487	40.2	27.3
5	Amareleja-Pm	1728	2023	6.9	324	220	9.7	19.6
6	Alcobaça-Pb	745	2024	14.1	537	510	41.2	31.3
7	AV-Pb	852	2024	15.1	610	-	47.0	31.3
8	VNC-Pb	601	2024	14.3	1632	566	51.8	20.1
9	Alenquer-Pa	1125	2024	13.2	356	213	14.3	22.7
10	Alenquer-Pa	1004	2024	15.6	309	259	16.6	26.2
11	Oleiros-Pi	917	2024	23.6	600	480	29.7	25.1

Na Figura 5 apresenta-se a produção de resina para as parcelas instaladas na campanha 2023 e para a primeira pesagem da campanha 2024, dessas mesmas parcelas, uma vez que a campanha 2024 ainda não terminou. Os valores de produção obtidos nas diferentes parcelas e diferentes espécies não são diretamente comparáveis uma vez que a produção de resina depende de vários fatores. Destes destacam-se as características edafoclimáticas dos locais de localização das parcelas, as condições meteorológicas no período das campanhas, o número de renovas em cada árvore, a pasta utilizada pelos vários resinheiros, a densidade (número de árvores/ha) dos povoamentos

e as características das árvores (nomeadamente, diâmetro e profundidade de copa). A instalação de todas as parcelas da campanha 2023 (Quadro 1) ocorreu em maio e a resinagem foi desmontada em novembro. Em todas foram realizadas 7 renovas. As produções médias de resina na campanha 2023, para as parcelas de Vila Pouca de Aguiar, foram idênticas para o pinheiro-bravo (1.117 kg) e o pinheiro-silvestre (1.100 kg) e superiores às verificadas para o pinheiro-larício (0.511 kg). Note-se que estes valores se referem a uma única incisão por árvore, independentemente da dimensão da árvore.

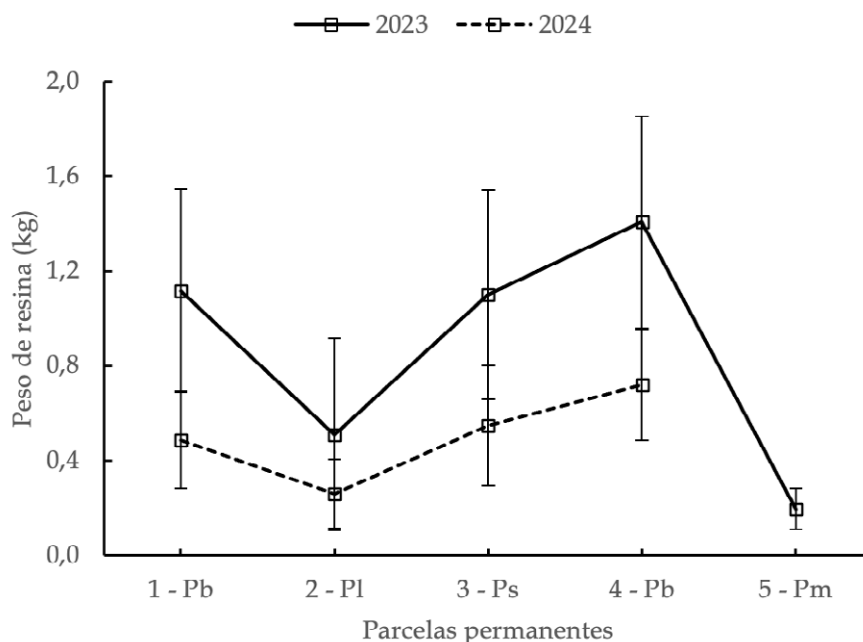


Figura 5 – Peso de resina (média $\pm$ desvio padrão) nas parcelas instaladas em 2023, no final da campanha 2023 e a meio da campanha 2024. A produção corresponde a uma incisão por árvore, independentemente da dimensão da árvore. Pb – pinheiro-bravo, Pl- pinheiro-larício, Ps – pinheiro-silvestre, Pm – pinheiro-manso.

Este padrão foi confirmado na primeira pesagem feita a meio da campanha 2024. Na parcela de pinheiro-bravo localizada em Oleiros, quando comparada com a de Vila Pouca de Aguiar, registou-se uma produção mais elevada de resina em 2023 (1.406 kg), o que também foi observado em 2024. A produção de resina na parcela de pinheiro-manso foi muito reduzida (0.195 kg). A parcela tinha muitas árvores com diâmetro abaixo do valor mínimo para a resinagem à vida (20 cm), tal como se pode ver no Quadro 1. A resinagem foi feita pelo proprietário, o qual estava a resinar pela primeira vez, pela impossibilidade de encontrar resineiros naquela zona do país. Infelizmente, na campanha 2024, o proprietário deixou de resinar pelo que não temos valores de produção. Nesta rede de parcelas, a espécie pinheiro-manso está em falta não pela não oferta de áreas/povoamentos por parte dos proprietários, mas

pela dificuldade em encontrar resineiros nas áreas geográficas dos povoamentos. No entanto, nesta espécie, seria importante analisar a influência da resinagem na produção de pinha.

Os resultados obtidos evidenciam a importância de existir uma rede de parcelas de resinagem para as várias espécies do género *Pinus* em Portugal continental. As parcelas instaladas no âmbito do Projeto Integrado RN21 são o embrião desta rede, a qual deve ser ampliada de modo a que tenhamos, por espécie, maior variação de locais e de povoamentos. Assim poder-se-á desenvolver equações que nos permitam estimar a produção de resina por espécie e suportar decisões de gestão que visem a exploração deste recurso florestal não-lenhoso tão importante no contexto da bioeconomia.

Paula Soares,^a Juan Carrabs,^a

^aCentro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

KEMI - PINE ROSINS

BIOPOLÍMEROS E RESINAS: INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL NA FORMULAÇÃO DE ADESIVOS

A crescente preocupação pelo meio ambiente e a necessidade de encontrar alternativas mais sustentáveis aos polímeros convencionais servem de mote para a investigação e desenvolvimento de biopolímeros com capacidade de substituir polímeros de origem fóssil.

Os polímeros sintéticos derivados de fontes fósseis, como o EVA, EBA, SIS, SBS, entre outros, têm sido amplamente utilizados em diversas indústrias devido à sua durabilidade e versatilidade. Contudo, estes polímeros acarretam alguns desafios ambientais, tais como a própria dependência de recursos não renováveis, a poluição ou até mesmo a acumulação de resíduos plásticos. Neste contexto, os biopolímeros provenientes de fontes renováveis, como plantas, algas e bactérias, têm surgido como uma alternativa promissora.

A produção de biopolímeros pode reduzir a dependência de recursos não renováveis, o que contribui para uma economia de baixo carbono, uma vez que estes recursos possuem uma pegada de carbono menor, em comparação com os polímeros convencionais. Existem alguns exemplos de biopolímeros que já se encontram sobre investigação tais como o PLA (ácido polilático), o PHA (polihidroxialcanoatos) e a celulose regenerada. Estes polímeros têm demonstrado bom desempenho em aplicações que tradicionalmente utilizariam polímeros

fósseis, como embalagens e produtos descartáveis.

De entre as possíveis aplicações dos biopolímeros, o mercado de adesivos é uma das áreas que apresentam grande destaque. Os adesivos apresentam um papel crucial numa elevada variedade de indústrias, desde a construção até à automotiva.

Atualmente os adesivos são produzidos a partir de materiais de origem fóssil, no entanto com o aumento da consciência ambiental, dos regulamentos existentes e, por outro lado, devido à própria iminente escassez de petróleo e à ameaça associada à volatilidade dos preços de petróleo, torna-se oportuno a procura de alternativas sustentáveis ^[1]. Desta forma, existe uma oportunidade no mercado dos adesivos de substituição de produtos de origem fóssil por materiais de origem natural ou bio, como é o caso dos biopolímeros.

A utilização de biopolímeros na formulação de adesivos oferece diversas vantagens. De entre as quais se destaca a diminuição da toxicidade do produto final quando comparado com os adesivos sintéticos, o que se torna benéfico quer para a saúde dos trabalhadores, quer para os consumidores. Adicionalmente, os biopolímeros podem ser projetados para ter propriedades adesivas equivalentes ou até mesmo superiores às dos polímeros convencionais, tornando-os adequados para uma elevada gama de aplicações.

Existem diversos tipos de adesivos, sendo que o mercado global dos adesivos termofusíveis foi avaliado em 7,37 bilhões de dólares em 2020 e espera-se que haja uma taxa de crescimento anual composta ("Compound Annual Growth Rate", CAGR) de 4,8% de 2021 a 2028, atraindo muita atenção para este segmento dos adesivos [2].

Os adesivos termofusíveis são constituídos por uma combinação de polímero (cerca de 33%), resina (cerca de 33%), cera (cerca de 32%) e antioxidante (cerca de 1%). Na formulação do adesivo o polímero é responsável pelas características de viscosidade e reologia, força de coesão, flexibilidade e força de adesão [3]. O aumento da procura no mercado das embalagens, nomeadamente, em produtos para vedação de caixas de consumo geral (embalagens para alimentos, encomendas, etc), em combinação com as características dos adesivos termofusíveis estão a servir de força motriz para o crescimento do mercado deste tipo de adesivos. Os adesivos termofusíveis apresentam boas propriedades de adesão para uma elevada gama de materiais e

superfícies distintas, tais como tecido, papel, cerâmica, metal, papelão e plásticos.

Na formulação de adesivos existem diversos tipos de polímeros que podem ser utilizados, cada um com propriedades distintas que influenciam o desempenho e a aplicação final. De entre os polímeros existentes destacam-se as poliamidas e os poliésteres pela combinação única de propriedades que oferecem, como alta resistência mecânica, boa adesão a diversos materiais e elevada durabilidade.

Poliaminas

As poliamidas são polímeros cristalinos tipicamente produzidos por condensação de um ácido dicarboxílico e uma diamina (Figura 1), ou podem ser igualmente polimerizados a partir de um monómero que na sua estrutura possua um terminal amina e um terminal com ácido carboxílico (ex: caprolactona) [4,5]. Durante a formação de uma poliamida o grupo carboxílico -COOH reage com o grupo amina -NH₂, sendo libertadas moléculas de água à medida que se dá a reação de polimerização, de acordo com o apresentado na Figura 1.

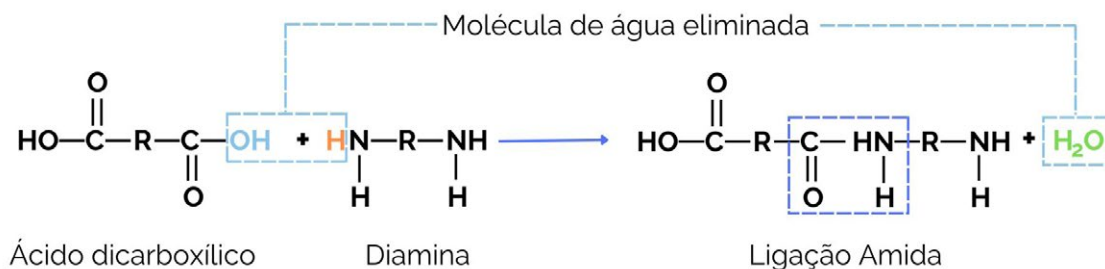


Figura 1 – Reação genérica de formação de uma poliamida.

As poliamidas apresentam propriedades muito interessantes sendo uma delas a capacidade deste polímero se fundir ganhando diversas formas, o que permite a produção contínua de filamentos finos [6]. Adicionalmente as poliamidas apresentam excelente resistência mecânica, boa flexibilidade, resistência a altas temperaturas e elevada força de adesão para uma grande variedade de substratos, o que torna este polímero ideal para a formulação de adesivos termofusíveis.

Os monómeros utilizados na formulação de poliamidas têm sido tradicionalmente obtidos a partir de fontes não renováveis de origem fóssil, no entanto têm sido desenvolvidos alguns caminhos de síntese de diácido e diaminas a partir de biomassa [7].

As tentativas de produzir poliamidas de base bio têm resultado na sua grande maioria em poliamidas híbridas, ou seja, monómeros de diácidos provenientes de biomassa renovável, enquanto as diaminas são de origem fóssil [8]. A maioria das poliamidas de base bio obtidas possuem propriedades físico-químicas e mecânicas

inferiores relativamente a poliamidas de origem fóssil, sendo assim necessário uma maior investigação por forma a produzir uma poliamida de base bio com um custo adequado e propriedades desejáveis.

Dependendo dos monómeros utilizados e do tamanho das cadeias de carbonos do diácido e da diamina, a poliamida formada terá propriedades distintas pelo que é necessário criar um compromisso entre os monómeros utilizados e aplicação a que o polímero se destina, neste caso para formulações de adesivos termofusíveis.

Poliésteres

Por outro lado, os poliésteres são sintetizados pela reação entre um diácido e um diol. Tal como sucede com as poliamidas a síntese de poliésteres ocorre através da reação de condensação entre o grupo carboxílico -COOH e o grupo álcool -OH, sendo libertadas moléculas de água à medida que se dá a reação de polimerização, resultando na formação de ligações éster (-COO-) na cadeia principal (Figura 2).

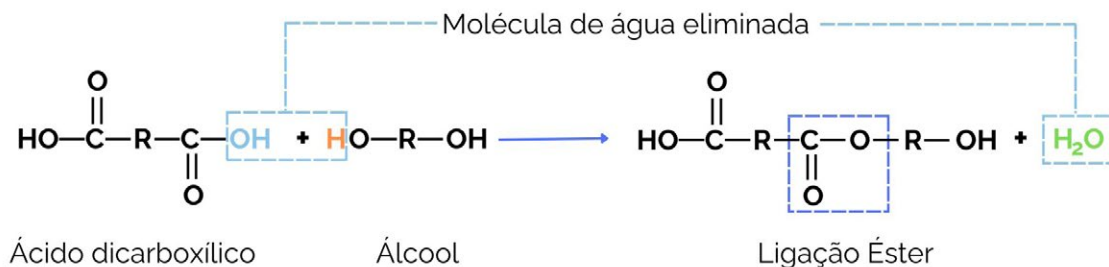


Figura 2 – Reação genérica de formação de um poliéster.

Este tipo de polímeros pode ser produzido tanto a partir de fontes naturais (como o ácido láctico, no caso do polilactato) como de fontes petroquímicas (como o polietileno tereftalato, ou PET). A diversidade de estruturas possíveis dentro desta classe de polímeros permite a criação de materiais com propriedades físicas e químicas variadas. A investigação de poliésteres sintetizados a partir de origem natural torna-se crucial para o desenvolvimento de novos adesivos, dado que estes polímeros possuem características excelentes para este tipo de aplicação, tais como boa flexibilidade, resistência ao envelhecimento e aderência a diferentes superfícies. As poliamidas e os poliésteres desempenham papéis

cruciais na formulação de adesivos termofusíveis, cada um com características específicas que os tornam adequados para diferentes aplicações industriais. As poliamidas são preferidas em cenários de alta resistência térmica e química, enquanto os poliésteres são amplamente utilizados pelo seu custo acessível e boa adesão em diversas superfícies. As poliamidas e os poliésteres desempenham papéis cruciais na formulação de adesivos termofusíveis, cada um com características específicas que os tornam adequados para diferentes aplicações industriais. A escolha entre poliamidas e poliésteres depende das exigências específicas da aplicação, como temperatura, flexibilidade, resistência química e custo.

Figura 3 – Poliamida sólida à temperatura ambiente e com ponto de amolecimento de 89°C, sem *tackifier*.



Assim, a investigação e desenvolvimento de biopolímeros, como poliamidas e poliésteres, é crucial para o desenvolvimento de adesivos termofusíveis mais sustentáveis e eficazes. Poliamidas e poliésteres de fontes renováveis oferecem uma alternativa aos polímeros de origem fóssil, permitindo a redução da pegada de carbono e do impacto ambiental, além de proporcionarem boas propriedades adesivas, como resistência e flexibilidade.

Na KEMI - Pine Rosins, no âmbito do Projeto Integrado RN21, têm vindo a ser desenvolvidas formulações distintas quer de poliamidas, quer de poliésteres que resultam da combinação de monómeros de origem bio com diferentes características. Estes estudos deram origem a mais de 60 formulações de poliamidas e poliésteres de base bio (Figura 3 e 4) que apresentam propriedades diferenciadas entre as mesmas.

As poliamidas e poliésteres obtidos são avaliados de forma individual e combinados com resinas de colofónia, demonstrando compatibilidade entre os dois produtos, o que se traduz na capacidade de os mesmos serem utilizados como adesivos termofusíveis para diferentes tipos de substratos ou condições de processamento distintos, mantendo as suas propriedades de adesão.

Diana Branco,*

*KEMI - Pine Rosins



Figura 4 – Poliamida semi-sólida à temperatura ambiente, com ponto de amolecimento de 67°C, sem tackifier.

[1] L. A. Heinrich, "Future opportunities for bio-based adhesives-advantages beyond renewability," *Green Chemistry*, vol. 21, no. 8, pp. 1866–1888, 2019, doi: 10.1039/c8gc03746a.

[2] "Hot Melt Adhesives Market Size Report, 2021-2028." Accessed: Nov. 23, 2022. [Online]. Available: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hot-melt-adhesives-market>

[3] W. Li, L. Bouzidi, and S. S. Narine, "Current research and development status and prospect of hot-melt adhesives: A review," *Ind Eng Chem Res*, vol. 47, no. 20, pp. 7524–7532, Oct. 2008, doi: 10.1021/ie800189b.

[4] L. W. McKeen, "Polyamides (Nylons)," in *Film Properties of Plastics and Elastomers*, Elsevier, 2017, pp. 187–227. doi: 10.1016/b978-0-12-813292-0.00008-3.

[5] E. O. Ogunsona, A. Codou, M. Misra, and A. K. Mohanty, "A critical review on the fabrication processes and performance of polyamide biocomposites from a biofiller perspective," Sep. 01, 2019, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.mtsust.2019.100014.

[6] B. L. Deopura, "Polyamide fibers," in *Polyesters and Polyamides*, Elsevier Ltd., 2008, pp. 41–61. doi: 10.1533/9781845694609.1.41.

[7] X. Wang et al., "The production of biobased diamines from renewable carbon sources: Current advances and perspectives," Feb. 01, 2021, *Materials China*. doi: 10.1016/j.cjche.2020.12.009.

[8] R. Ahmadi and A. Ullah, "Synthesis and Characterization of Unsaturated Biobased-Polyamides from Plant Oil," *ACS Sustain Chem Eng*, vol. 8, no. 21, pp. 8049–8058, Jun. 2020, doi: 10.1021/acssuschemeng.0c02692.

SEGUNDA TRANSFORMAÇÃO DA TEREBINTINA: PRODUÇÃO DE UMA RESINA NATURAL DE VALOR ACRESCENTADO

Os produtos químicos de base oriundos da fileira do pinheiro correspondem à colofónia e terebintina. Em Portugal a utilização e fabrico de derivados de colofónia está amplamente implementada, no entanto o desenvolvimento e comercialização de derivados de terebintina sempre

foi uma lacuna no mercado nacional. A Gum Rosin pretende explorar esta lacuna no mercado nacional através do desenvolvimento de produtos derivados de terebintina, nomeadamente resinas politerpénica, produzida a partir de α -pineno, β -pineno e limoneno, terpenos presentes na terebintina em maior quantidade.

A resina terpénica é um composto orgânico obtido de fontes naturais como a madeira e frutas cítricas. São polímeros de hidrocarbonetos de baixo peso molecular e são obtidas pela polimerização catiónica de terpenos. A sua composição torna-as em excelentes materiais taquificantes. É também uma matéria-prima renovável, biodegradável e não tóxica, sendo um potencial substituto para as resinas derivadas do petróleo, um

produto fóssil não renovável. Devido às suas excelentes propriedades de adesão e de *tack*, as resinas terpénicas são amplamente utilizadas em vários setores, tais como: adesivos, tintas, revestimentos, vedantes, borracha e *chewing gum*. O mercado das resinas politerpénicas está a testemunhar um crescimento significativo devido à crescente procura de produtos ecológicos e sustentáveis em vários setores.

Aplicações

 Tintas e revestimentos Caracterizadas pela sua resistência à água, produtos químicos e UV, oferecendo aderência e durabilidade. Procura tem crescido devido à baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs) e propriedades biodegradáveis.	 Processamento de couro Usadas como aglutinantes para melhorar a resistência e estética de produtos de couro com um acabamento brilhante. Forte aderência e resistência tornam-nas ideais para estes produtos sujeitos a desgaste e humidade.
 Processamento de plástico e borracha Utilizadas para melhorar a flexibilidade, resistência e aderência, sendo ecologicamente corretas, biodegradáveis, com baixas emissões de COVs. São úteis em aplicações automotivas, de construção e na fabricação de pneus.	 Adesivos e selantes Utilizadas como agentes de ligação pela baixa volatilidade e alta solubilidade, proporcionando excelente aderência à madeira, papel e plástico. Selantes, protegendo contra humidade, aplicadas como revestimento em móveis e pisos.
 Celulose e papel Usadas para melhorar a resistência e aparência dos produtos de papel. Criam uma forte ligação entre as fibras de celulose, aumentando a durabilidade do papel e conferindo um acabamento brilhante e suave.	 Pastilhas elásticas Usadas como agente de ligação natural e realçador de sabor, mantendo a pastilha unida, evitando de sabor, pegajosidade excessiva e prolongando a sua vida útil como antibacteriano. É alternativa a ingredientes sintéticos.

O mercado das resinas politerpénicas está a ser impulsionado pela crescente procura por matérias-primas ecológicas e sustentáveis em diversas indústrias, como adesivos e revestimentos. O foco crescente na redução da pegada de carbono e na promoção de produtos de base biológica está também a alimentar o crescimento deste mercado. No entanto, factores como a flutuação dos preços e disponibilidade das matérias-primas, bem como a concorrência das resinas sintéticas, podem atuar como restrições ao crescimento deste mercado. No entanto o aumento da consciencialização dos consumidores em relação ao impacto ambiental dos produtos químicos sintéticos contribui também para a crescente popularidade das resinas politerpénicas. Prevê-se que o mercado de resinas terpénicas cresça a um CAGR (taxa de crescimento anual composta) de 7,9%

de um valor estimado de 991,1 milhões de USD (dólares americanos) em 2022 para 1.450,0 milhões de USD em 2027. Espera-se que a procura de resinas terpénicas das categorias de pasta de papel e tintas e revestimentos se expanda significativamente entre 2022 e 2027. Com os esforços contínuos de investigação e desenvolvimento para a melhoria das propriedades das resinas politerpénicas, espera-se que o seu mercado adquira uma trajetória ascendente nos próximos anos. As resinas politerpénicas, destacam-se por serem de origem natural, com baixo peso molecular, elevado ponto de amolecimento (devido às suas estruturas cíclicas e policíclicas na cadeia polimérica), pela melhor estabilidade térmica e compatibilidade/solubilidade. As resinas disponíveis comercialmente apresentam pontos de amolecimento compreendidos entre 80°C e 130°C. O ponto de amolecimento e o peso molecular das resinas

de politerpénicas são características chave para a sua principal utilização (aderência). O seu comportamento adesivo resulta da relação do ponto de amolecimento com o seu peso molecular. Em comparação com as resinas naturais de base colofónia, as resinas politerpénicas possuem um ponto de amolecimento mais alto com pesos moleculares menores, possibilitando a

aplicação em sectores de mercado mais específicos e exigentes. As resinas politerpénicas tendem também a apresentar melhor estabilidade à oxidação em comparação com as resinas de base colofónia. Em suma as vantagens / desvantagens das resinas politerpénicas resumem-se da seguinte forma:

Características	Vantagens / Desvantagens	Mercado alvo
 Altos pontos de amolecimento  Baixos pesos moleculares  Solúvel em diversos solventes químicos  Incolor ou transparente  Inerte a ácidos, álcalis e solventes  Boas propriedades adesivas  Resistentes ao calor e humidade	 Sustentabilidade  Biodegradabilidade porque podem ser decompostas por bactérias e fungos  Antibacterianas, antifúngicas e antivirais  Antioxidantes e anti-inflamatórias  Podem apresentar um custo superior  Quantidades inferiores disponíveis  Processamento mais complexo	 Tintas, vernizes e revestimento de papel  Indústria da saúde (ao contrário das resinas do petróleo)  Indústria alimentar, como as pastilhas elásticas (ao contrário das resinas à base de petróleo)  Adesivos e selantes  Processamento do couro  Processamento de plástico e borracha

As principais resinas terpénicas disponíveis no mercado são preparadas a partir dos seguintes monoterpenos: α -pineno, β -pineno e limoneno. Estes terpenos consistem em duas unidades de isopropeno,

com a seguinte fórmula molecular generalizada $(C_5H_8)_{n/2}$, em que n é o número de unidades. A Figura 1 apresenta a estrutura molecular dos monoterpenos anteriormente referidos, o α -pineno, o β -pineno e o limoneno.

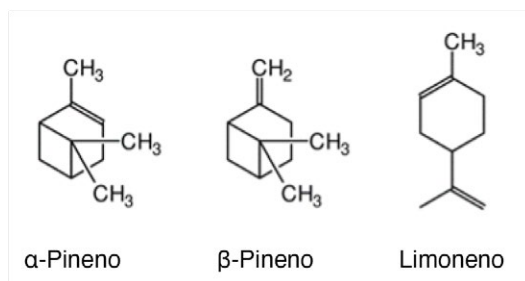


Figura 1 – Estrutura química do α -pineno, do β -pineno e do d-limoneno.

O α -pineno, β -pineno e limoneno podem ser obtidos pela destilação fraccionada de terebintina. O limoneno pode também ser obtido a partir de outras fontes de origem vegetal, tais como os citrinos, onde se encontra em maior concentração.

A síntese das resinas politerpénicas consiste na polimerização catónica do monómero com o auxílio de um catalisador, ou seja, este irá criar um complexo H^+G^- que irá atacar a dupla ligação do terpeno iniciando a polimerização em cadeia.

Resinas politerpénicas de base α -pineno

O α -pineno não possui uma ligação dupla exocíclica, logo em comparação com o β -pineno, as condições para a reacção de polimerização são mais exigentes. O passo limitante na polimerização do α -pineno é na propagação, dado à forma como os átomos estão dispostos no espaço (impedimento estereoquímico).

Existem duas potenciais estruturas numa resina politerpénica de α -pineno. A unidade mais abundante perfaz 2/3 da totalidade, onde a ligação é efetuada pelo carbono β e contém um grupo olefínico. A figura seguinte apresenta os dois mecanismos possíveis para obter a resina politerpénica a partir do α -pineno.

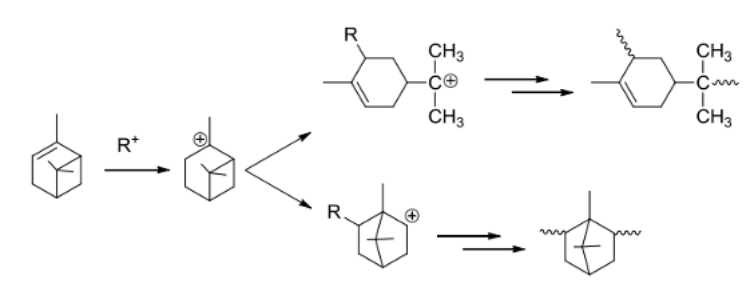


Figura 2 – Mecanismos de polimerização possíveis do α -pineno para obter resinas politerpénicas.

Resinas politerpénicas de base β -pineno

A polimerização do β -pineno ocorre através do seu grupo metileno exocíclico, sendo esta ligação atacada

e o carbocatião formado irá se rearranjar para atacar o monómero seguinte, iniciando o processo de propagação.

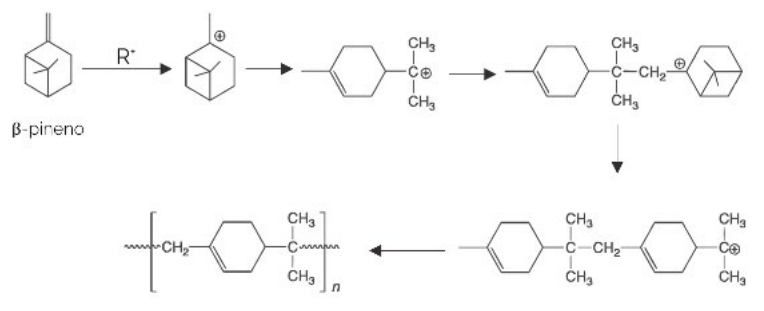


Figura 3 – Mecanismo de polimerização do β -pineno para obter resinas politerpénicas

Resinas politerpénicas de base limoneno

A iniciação do limoneno é bastante similar à do β -pineno na medida em que possui uma dupla ligação exocíclica. O mecanismo de reação de polimerização tem início nesta ligação. A propagação prossegue com o ataque do carbocatião na dupla ligação exocíclica do monómero seguinte. A figura 4 apresenta o mecanismo descrito.

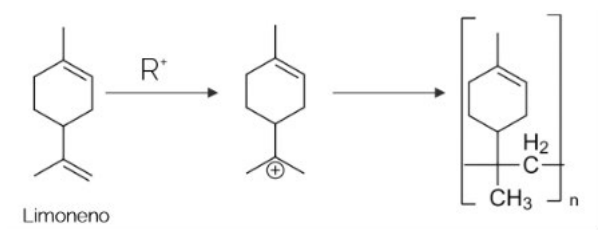


Figura 4 – Mecanismos de polimerização do limoneno para obter resinas politerpénicas

As resinas terpénicas, derivadas de fontes naturais, têm grande potencial num mercado que valoriza cada vez mais produtos de origem sustentável, sendo atractivas para as indústrias que buscam alternativas aos derivados de petróleo. Com a crescente procura por soluções ecológicas e que promovam a bioeconomia, o futuro das resinas terpénicas é promissor, especialmente com o avanço das tecnologias de extração e processamento que evoluem para tornar estas resinas mais competitivas e acessíveis.

Carolina Malaquias,^a Emanuel Silva,^a Pedro Gil,^a

^aGum Rosin





A close-up photograph of a tree trunk. The bark is being stripped away by a metal tool, revealing the lighter-colored wood underneath. The bark is a deep reddish-brown color, and the wood is a pale yellowish-brown. The tool is a metal rod with a handle, and it is being used to peel the bark in a diagonal line. The background is blurred, showing more of the tree trunk and some green foliage.

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

© ColTAB Forest TSE

PASTAS ESTIMULANTES PARA A RESINAGEM: INVESTIGAÇÃO E PERSPETIVAS FUTURAS

A resina, ou oleoresina, é um líquido viscoso, translúcido, de origem natural, constituído maioritariamente por ácidos diterpénicos, também conhecidos por ácido resínicos. A resina pode ser obtida a partir de um extenso grupo de espécies de árvores, entre as quais as gimnospérmicas do género *Pinus* (Pinheiro), tais como *Pinus pinaster* Ait., *Pinus radiata*, *Pinus elliotii* Engelm, *Pinus massoniana* Lamb., *Pinus caribaea* Morelet, entre outras ^[1]. Em Portugal, as espécies de pinheiro mais comuns são o *P. pinaster* (pinheiro-bravo), o mais utilizado para resinagem, e o *P. pinea* (pinheiro manso), geralmente utilizada para produção de pinhão. As principais áreas de exploração de resina em Portugal são o Litoral Centro (distritos de Leiria e Coimbra) e Interior Norte (distritos de Viseu e Vila Real) ^[1].

A oleoresina é composta por uma fração volátil, designada por terebintina ou aguarrás, que representa cerca de 20% da composição da resina, e uma fração não volátil, designada por colofónia, pez ou breu, que representa cerca de 80% da sua composição ^[2, 3, 4]. A terebintina é composta por uma mistura de terpenos que têm o isopreno (2-metil-1,4-butadieno) como unidade básica do esqueleto carbonado, nomeadamente monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos

(C20), entre outros. Os principais componentes da terebintina são os monoterpenos, nomeadamente o α -pineno (45-97%) e o β -pineno (0,5-28%), seguidos de quantidades menores de outros monoterpenos, como o limoneno, Δ^3 -careno, o canfeno e o tricicleno e, também, de sesquiterpenos. Por outro lado, a colofónia é constituída maioritariamente por ácidos diterpénicos (90-95%), cuja fórmula geral é $C_{19}H_{29}COOH$. Os ácidos resínicos mais comuns na colofónia são os ácidos abiético, neoabiético, palústrico, desidroabiético e pimárico (Figura 1) ^[2, 3].

A resina obtida de árvores do género *Pinus* é um produto florestal não lenhoso, uma matéria-prima renovável para diferentes setores industriais, como na produção de inseticidas, produtos de limpeza ou mesmo desinfetantes, perfumes e fragrâncias. Já a colofónia é utilizada na produção de derivados para revestimentos de superfícies, pastilhas elásticas, tintas, adesivos ou produtos farmacêuticos ^[3, 5]. Desta forma, é cada vez mais importante o desenvolvimento de novas técnicas de obtenção de resina (resinagem) que promovam o aumento de produção de uma forma otimizada, segura e com reduzido impacto ambiental. Entre as iniciativas para atingir estes objetivos está o desenvolvimento de novas pastas estimulantes ^[3].

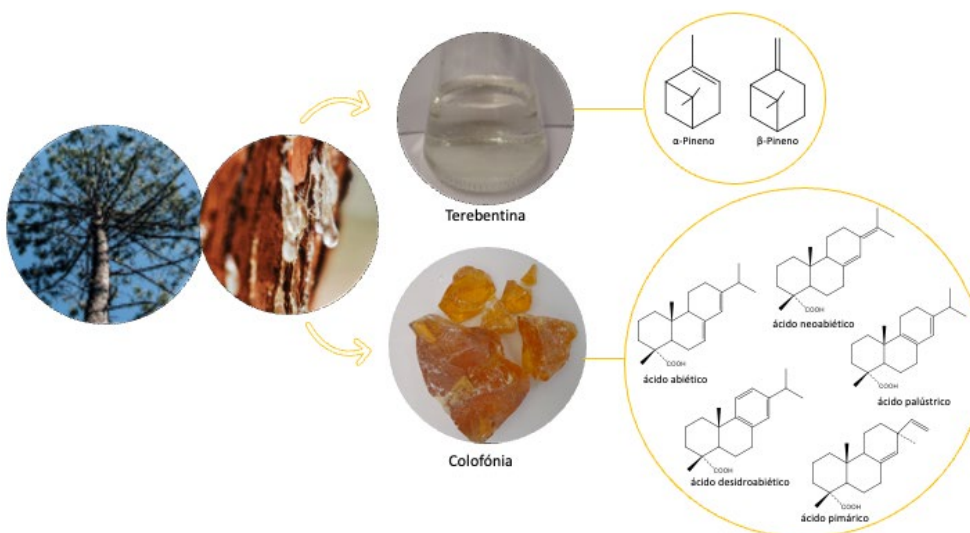


Figura 1 – Principais produtos obtidos da resina de pinheiro e respetivos componentes maioritários.

Atualmente, a resinagem envolve várias etapas (Figura 2). Primeiro, é feito o descarrasque, em que é removida a casca do pinheiro na zona onde se irá proceder à incisão. Seguidamente é feita a incisão a partir da qual será recolhida a resina através dos tradicionais púcaros ou sacos plásticos. A maximização da produção de resina implica a aplicação de um agente estimulante, normalmente à base de ácido sulfúrico (H_2SO_4), com o objetivo de aumentar e prolongar a produção de resina. Como forma de aumentar a produção de

resina são realizadas renovas, ou seja, novas incisões imediatamente acima da incisão feita anteriormente, geralmente com intervalos de 15 a 21 dias ^[6]. Este artigo técnico pretende fazer uma breve revisão dos diferentes tipos de estimulantes existentes atualmente e do seu modo de ação, bem como dos possíveis substitutos. Esta é uma revisão de extrema importância, visto que até ao momento não existem revisões sobre os diferentes tipos de estimulantes, bem como comparação de resultados obtidos por estes.



Figura 2 – Processo produtivo da indústria de primeira transformação da resina.

Pastas estimulantes utilizadas na produção de Resina Natural

De uma forma geral, as coníferas produzem resina nas células epiteliais vivas que circundam os canais resiníferos (Figura 3). A segregação de resina surge como uma resposta fisiológica a um estímulo/agressão externa. Nos pinheiros, a resina é produzida e armazenada sob pressão numa complexa rede tridimensional de ductos de resina (Figura 3). Quando

os ductos de resina são expostos a uma lesão, seja ela devido a um corte ou provocada por pragas ou doenças, a resina acumulada é encaminhada para a zona lesionada que se encontra exposta, formando uma camada protetora de resina cristalizada sobre a lesão, selando-a e permitindo que a árvore se defenda do dano causado. Após a cristalização da resina sobre a lesão, ocorre a interrupção do fluxo de resina para o local lesionado ^[7,8].

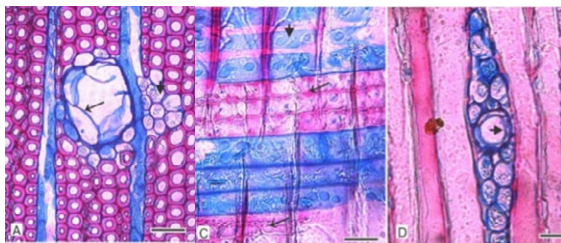


Figura 3 – Canais resiníferos do xilema de *P. elliotti* em corte transversal (A), corte radial (C) e corte tangencial (D). Escala = 50 µm Adaptado de Sieglösch & Marchiori [8].

A indústria da resina explora precisamente esta resposta fisiológica da árvore como forma de aumentar a produção de resina com recurso à utilização de pastas estimulantes. As pastas estimulantes ajudam a manter os canais resiníferos abertos e facilita a exsudação da resina.

A pasta estimulante mais utilizada é a pasta à base de ácido sulfúrico. Esta pasta aumenta a exsudação de resina pela prevenção da cristalização desta e pelo impedimento da formação de tiloses. Além disso, o ácido sulfúrico retarda a cristalização da resina, o que facilita o seu fluxo e posterior recolha. Estudos realizados mostram que o uso da pasta de ácido sulfúrico aumenta em 70% a produção de resina, demonstrando a importância da utilização de pastas estimulantes na resinagem [9]. No entanto, o ácido sulfúrico é um ácido forte que pode causar danos nas árvores, levanta problemas de segurança aos utilizadores, e pode ter um impacto negativo no meio ambiente. De forma a contornar estas limitações, têm sido estudadas outras alternativas como estimulantes, idealmente mais seguros, porém com igual ou superior impacto na produção de resina. Alguns exemplos incluem estimulantes compostos por ácidos orgânicos, fito-hormonas, herbicidas, iões metálicos ou extratos de levedura, ou misturas destes [10–12].

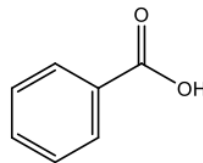
Ácidos orgânicos

Entre os ácidos orgânicos utilizados como estimulantes, destacam-se o ácido benzóico e o ácido cítrico (Figura 4). Estes ácidos atuam de maneira similar ao ácido sulfúrico, mas sendo ácidos fracos são menos

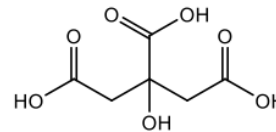
agressivos para os canais resiníferos, sendo menos suscetíveis de causar danos nas árvores [12].

Além disso, estes ácidos orgânicos são geralmente considerados mais seguros para o meio ambiente e para quem os manuseia. São biodegradáveis e menos corrosivos, o que reduz o risco de contaminação do solo, da água e dos trabalhadores envolvidos no processo de resinagem [12,13].

No entanto, devido à sua menor acidez, nomeadamente em comparação com o ácido sulfúrico, a sua eficácia na estimulação da produção de resina é menor [13]. Por exemplo, Lukmandaru *et al.* [12] mostraram que a pasta à base de ácido cítrico em conjunto com etileno, em quantidades não descritas, é ineficiente em induzir a produção de resina em comparação à pasta composta por ácido sulfúrico [12].



Ácido benzóico



Ácido cítrico

Figura 4 – Estruturas químicas dos principais ácidos orgânicos estudados como estimulantes [13].

Fito-hormonas e análogos sintéticos

As fito-hormonas são compostos presentes nas plantas que controlam diversas funções biológicas, tais como processos fisiológicos e de desenvolvimento, tendo sido desenvolvidos análogos sintéticos capazes de atuar de forma semelhante às fito-hormonas e induzir respostas fisiológicas nas plantas ^[14].

Desta forma, estes compostos podem ser estudados na formulação de pastas estimulantes. Entre eles destaca-se o ácido 2-cloroetilfosfônico (Figura 5), também conhecido por CEPA ou Ethephon, que estimula a criação de novos canais resiníferos e, consequentemente, estimula a produção de resina. Além disso, o ácido 2-cloroetilfosfônico é um precursor da biossíntese do etileno, uma hormona vegetal associada ao crescimento e desenvolvimento das plantas, assim como às respostas de defesa destas. A sua produção na árvore pode desencadear como resposta de defesa a produção de mais resina ^[9].

Messer estudou a produção de resina com a aplicação de CEPA e observou um aumento de 110% na produção quando comparada com o controle (sem pasta estimulante) ^[15]. Num estudo realizado por Neis *et al.* comparou-se a aplicação de CEPA com a aplicação de uma pasta à base de ácido benzóico contendo 20% de ácido sulfúrico ^[11]. No primeiro ano de resinagem, obteve-se uma produção de resina superior em 5,1 kg/árvore/ano utilizando CEPA comparativamente com produtividade obtida com a pasta à base de ácido benzóico. No entanto, no segundo ano, os resultados obtidos com as diferentes pastas foram similares o que pode ser devido ao maior desenvolvimento dos canais de resina.

Destacam-se neste grupo também o jasmonato de metilo e o ácido salicílico (Figura 6). O jasmonato de metilo é uma fito-hormona que atua na regulação de processos de desenvolvimento das plantas e amadurecimento de frutos, e na resposta a situações de stress biótico e abiótico aos quais as árvores estejam expostas. Este composto também promove um aumento da biossíntese de mono e diterpenos, estimulando assim a ativação e formação de canais de resina.

Junkes *et al.* comparou a produção de resina utilizando jasmonato de metilo com o controle (água e glicerol), observando-se que em árvores jovens (1 ano de idade) a produção de resina é 2,4 vezes superior ^[16].

O ácido salicílico é uma fito-hormona que atua como indutor de resistência, mediante as respostas contra agentes patogênicos e stress biótico e abiótico, o que pode levar à produção e exsudação de resina ^[10]. Por exemplo, um estudo realizado por Rodrigues *et al.* mostrou que uma pasta estimulante de ácido salicílico (10 ou 100 mM) contendo CEPA aumenta moderadamente a produção de resina quando comparada com o controle (20% H₂SO₄ e 4,5% CEPA), mais especificamente 3,2 e 2,9 kg/árvore/ano, respetivamente, *versus* 2,7 kg/árvore/ano ^[17].

Por último, o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (conhecido por 2,4D) e o ácido 2(1-naftil) acético (Figura 5) são também compostos sintéticos relacionados com as fito-hormonas, também usados como herbicidas, e utilizados nas formulações de pastas estimulantes. No estudo feito por Rodrigues *et al.*, a utilização de pasta contendo 2,4D e CEPA (1, 10 e 100 mM) foi comparada com a utilização da pasta controle (20% H₂SO₄ e 4,5% CEPA) ^[17]. Os resultados demonstraram que todas as concentrações estudadas conduziram a um aumento no rendimento de resina na ordem dos 15% ^[17]. Neis *et al.* testaram vários compostos como estimulantes, entre os quais o ácido 2(1-naftil) acético (formulado com 20% de ácido sulfúrico) que originou rendimentos de resina semelhantes a árvores tratadas com pasta de CEPA ^[11]. A utilização de pastas à base de fito-hormonas pode oferecer vantagens em termos de segurança e impacto ambiental, mas conforme demonstrado nos estudos acima, pode ser menos eficaz na produção de resina em comparação com o ácido sulfúrico. Por outro lado, a utilização de análogos sintéticos (em alguns casos halogenados) e/ou com ação herbicida poderá trazer também problemas ambientais. A escolha entre os dois dependerá dos requisitos específicos da aplicação e das considerações de segurança e sustentabilidade.

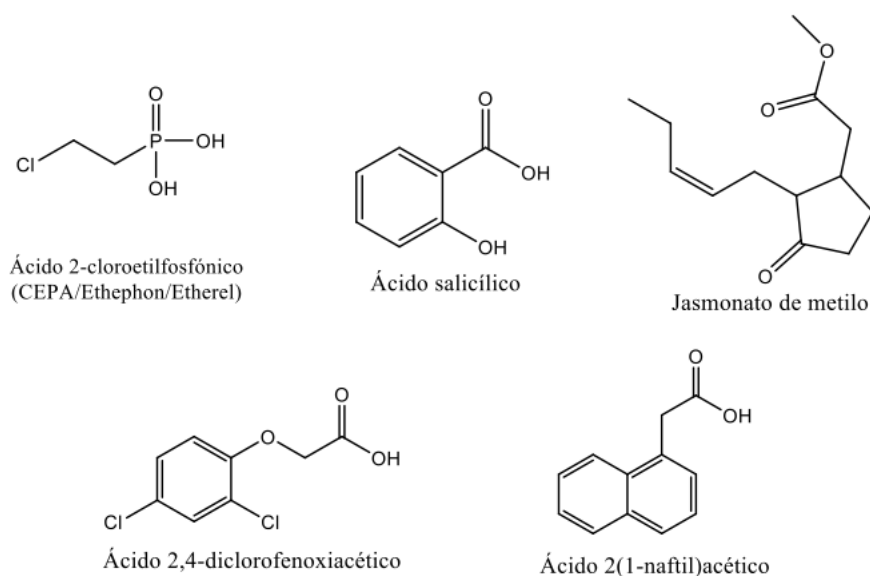


Figura 5 – Estruturas químicas das principais fito-hormonas estudadas como estimulantes [9,16,17].

Herbicidas

Os herbicidas e, em particular, o dicloreto de 1,1'dimetil-4,4'-bipiridínio, também conhecido como Paraquat (Figura 6), foi também estudado como estimulante. Este composto tem interesse na formulação de pastas estimulantes por alterar vias metabólicas que aumentam a produção de resina. Entretanto, o estudo realizado por Rodrigues *et al.* demonstrou que a aplicação da pasta Paraquat em spray com 0,5; 2,0 e 4,0% (v/v) de CEPA apresentaram produções de resina relativamente baixas comparativamente com os obtidos com a aplicação de pasta CEPA (3,3; 3,0; 2,4 *versus* 4,0 kg/árvore/ano) [17].

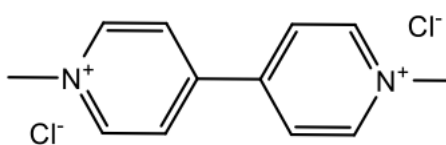


Figura 6 – Estrutura química do herbicida Paraquat [17].

Iões metálicos

Nos pinheiros, as enzimas do tipo monoterpene sintase dependem de cátions divalentes, incluindo Mn^{2+} e Fe^{2+} , e do ião monovalente K^+ , para potenciar a sua atividade enzimática. Tanto o Mn^{2+} como o Fe^{2+} atuam como cofatores daquelas enzimas, desempenhando um papel crucial no seu funcionamento, enquanto o K^+ atua como um ativador da enzima. Assim, ao serem utilizados na produção de pastas estimulantes, esses cátions tendem a aumentar a produção de terpenos nas plantas, resultando na produção de maior quantidade de resina nos pinheiros [18].

No trabalho de Rodrigues *et al.* foram testadas pastas estimulantes contendo iões metálicos (Mn^{2+} , Fe^{2+} e K^+) em comparação com a pasta controle (20% H_2SO_4 e 4,5% CEPA). Os resultados mostraram que quando aplicada uma pasta com 100 mM de cada um os iões metálicos, a quantidade de resina produzida era semelhante à da pasta controle (aproximadamente 3,0 kg/árvore/ano) [18].

Extrato de levedura

O extrato de levedura é outra alternativa que pode ser utilizada na produção de pastas estimulantes. A aplicação de pastas estimulantes deste tipo pode simular o ataque de agentes patogénicos nos pinheiros, desencadeando uma resposta de defesa nas plantas, o que pode levar ao aumento da produção de resina. Por exemplo, Rodrigues *et al.* observou que a utilização de pastas contendo extrato de levedura e CEPA apresentam rendimentos de resinagem equivalente à pasta controle (20% H_2SO_4 e 4,5% CEPA), aproximadamente 3,5 kg/árvore/ano [17].

Projetos ibéricos de desenvolvimento de novos estimulantes

A necessidade de encontrar novas soluções que permitam substituir a pasta estimulante tradicional à base de ácido sulfúrico tem dado origem a diversos projetos na Península Ibérica.

Nos projetos estudados pretendeu-se/pretende-se otimizar o processo de resinagem através de novos métodos de recolha, por exemplo, métodos de resinagem mecanizados (metodologia de broca) em alternativa ao método de resinagem tradicional (metodologia manual), bem como desenvolver pastas estimulantes mais sustentáveis em substituição da pasta estimulante à base de ácido sulfúrico. Nestes projetos, foram testadas pastas estimulantes, por exemplo, à base de ácido cítrico, ácido benzoico, ácido salicílico, iões metálicos (F_2^+ , K^+ e Mn^{2+}), Paraquat e ácido 2-cloroetilfosfónico. Estes mostram que quanto mais ácida é a pasta estimulante utilizada (por exemplo, maior concentração de ácido sulfúrico na formulação), maior é a produção de resina, no entanto, existem diversos fatores que podem influenciar estes resultados, entre eles, o clima e a região onde é realizada a resinagem, a idade e espécie da árvore ou o método de extração utilizado. Assim, existe uma grande dificuldade em retirar conclusões dos resultados obtidos devido à dificuldade de comparar os resultados de diferentes projetos, bem como em alguns casos à inexistência de resultados estatisticamente significativos e à ausência de amostras de controle.



DESENVOLVIMENTO DE NOVAS PASTAS ESTIMULANTES NO ÂMBITO DO PROJETO INTEGRADO RN21

Face ao aumento pela procura de produtos à base de resina e à necessidade de revitalizar este setor a nível nacional, surge o Projeto Integrado RN21, financiado pelo Plano de Recuperação e Resiliência (PRR). Este Projeto visa responder a alguns dos desafios deste setor e, nomeadamente, ao desenvolvimento de novos estimulantes, mais eficientes e sustentáveis, tarefa que está a cargo da equipa de investigação do CICECO - Instituto de Materiais de Aveiro, do Departamento de Química, da Universidade de Aveiro.

Até ao momento, a equipa de investigação do CICECO desenvolveu algumas formulações que estão em fase de teste na floresta. Os resultados preliminares obtidos serão objeto de uma intensa atividade de investigação por parte da equipa do CICECO durante os próximos meses no âmbito do Projeto RN21.

Inês S.L. Farias,^a Nalin Seixas, Carmen S. R. Freire,^a Carla Vilela,^a Sónia A. O. Santos,^a Armando J.D. Silvestre,^a

^aCICECO – Instituto de Materiais de Aveiro, Departamento de Química, Universidade de Aveiro

^[1] Resina e Resinagem. Resipinus. Disponível em: <https://www.resipinus.pt/resinagem/resina/>. [Acesso a 6/03/2024].

^[2] Duane F. Zinkel, James Russell. (1989) *Naval Stores, Production.Chemistry.Utilization*. Nova York, NY: Pulp Chemicals Association.

^[3] Mohamed Naceur Belgacem, A. G. (2008) *Monomers, Polimers and Composites from Renewable Resources*: Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-045316-3.X0001->.

^[4] Resinagem em Portugal e no mundo. Resipinus. Disponível em: <https://www.resipinus.pt/resinagem/resinagem-em-portugal-e-no-mundo/>. [Acesso a 6/03/2024].

^[5] López-Álvarez, Ó., Zas, R. & Marey-Perez, M. (2023) Resin tapping: A review of the main factors modulating pine resin yield. *Ind. Crops Prod.* 202: 117105.

^[6] Resina e Resinagem - Manual Técnico. RESIPINUS Associação de Destiladores e Exploradores de Resina. Leiria, Portugal (2018).

^[7] André L. M. Fusatto, Paulo R. C. Castro, Stella C. Cato, José O. Brito. (2014) *Pastas Estimulantes em Sistemas de Resinagem de Pinus elliottii var. elliottii*. Ciência Florest. 1–10.

^[8] Sieglösch, A. M. & Marchiori, J. N. C. (2015) *Anatomia da madeira de treze espécies de coníferas*. Rev. Ciência da Madeira - RCM. 6: 149–165.

^[9] R1- melhorias na extração de resina baseada no desenvolvimento de métodos de extração mecanizada em recipiente fechado e otimização do método convencional de pica em casca. Disponível em: <https://acrema.es/r1-mejoras-en-la-extraccion-de-resina-en-base-al-desarrollo-de-metodos-de-extraccion-mecanizados-en-envase-cerrado-y-optimizacion-del-metodo-convencional-de-pica-sobre-corteza/>. [Acesso a 23/04/2024].

^[10] Pinaster, P. Producto : Caracterización de los efectos de formulaciones innovadoras de pasta estimulante sobre la producción de resina y el estado de la planta en condiciones controladas. Disponível em: https://www.sust-forest.eu/sites/default/files/sustforest_plus_caracterizacion_de_los_efectos_de_formulaciones_innovadoras.pdf. [Acesso a 23/04/2024].

^[11] Neis, F. A. et al. (2018) *Biomass yield of resin in adult Pinus elliottii Engelm. trees is differentially regulated by environmental factors and biochemical effectors*. Ind. Crops Prod. 118: 20–25.

^[12] Lukmandaru, G. et al. (2021) *The Effect of Stimulants and Environmental Factors on Resin Yield of Pinus merkusii Tapping*. BioResources 16: 163–175.

^[13] Michavila, S., Rodríguez-García, A., Rubio, F., Gil, L. & López, R. (2020) *Salicylic and citric acid as promising new stimulants for resin tapping in maritime pine (Pinus pinaster ait.)*. For. Syst. 29: 1–6.

^[14] Sabagh, A. E. L. et al. *Phytohormones as Growth Regulators During Abiotic Stress Tolerance in Plants*. Front. Agronomy 4. <http://doi.org/10.3389/fagro.2022.765068>.

^[15] Messer, A. C. (1990) *Traditional and chemical techniques for stimulation of shorea javanica (Dipterocarpaceae) resin exudation in Sumatra*. Econ. Bot. 44: 463–469.

^[16] Junkes, C. F. de O. et al. (2019) *Resinosis of young slash pine (Pinus elliottii Engelm.) as a tool for resin stimulant paste development and high yield individual selection*. Ind. Crops Prod. 135: 179–187.

^[17] Rodrigues, K. C. S. & Fett-Neto, A. G. (2011) *Oleoresin yield of Pinus elliottii in a subtropical climate: Seasonal variation and effect of auxin and salicylic acid-based stimulant paste*. Ind. Crops Prod. 30: 316–320.

^[18] da Silva Rodrigues, K. C., Apel, M. A., Henriques, A. T. & Fett-Neto, A. G. (2011) *Efficient oleoresin biomass production in pines using low cost metal containing stimulant paste*. Biomass and Bioenergy. 35: 4442–4448.



COMUNICAÇÃO

Na vanguarda da inovação sustentável,
o RN21 partilha conhecimentos e avanços, ligando os
intervenientes da Resina Natural rumo a um futuro
mais ecológico e próspero.

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MARCA PARA A RESINA DE PINHEIRO-BRAVO

No âmbito do Projeto Integrado RN21, estão a ser desenvolvidas várias iniciativas que têm como objetivo promover a utilização de Resina Natural, com ênfase na resina extraída do pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait.), uma matéria-prima renovável e com o potencial de substituir produtos de origem fóssil. Este Projeto, focado na promoção de práticas sustentáveis, insere-se na Componente C12 da Bioeconomia Sustentável, reforçando a importância da Resina Natural como um recurso estratégico para Portugal, tanto em termos económicos, como ambientais. A Resina Natural não só contribui para a redução da dependência de recursos fósseis, como também aumenta o potencial das áreas de pinheiro-bravo, uma espécie endémica de importância estratégica, criando oportunidades de desenvolvimento económico sustentável.

Uma das metas cruciais do Projeto é o registo e a implementação de uma Marca diferenciadora, atrativa e identitária, que distinga os produtos que contém resina de *P. pinaster* e que assegure a qualidade, rastreabilidade e sustentabilidade desses produtos. Neste sentido, foi criada a Marca "**Resinae - Pinaster Natural Resin**", orientada para a promoção de produtos que incorporem uma matéria-prima renovável, proveniente de florestas bem geridas, que garantam a sustentabilidade ambiental, social e económica, assente em sistemas de certificação internacionalmente reconhecidos, reforçando assim a sua credibilidade junto de consumidores e parceiros comerciais.

As diretrizes para a utilização da Marca estão estabelecidas através de um Regulamento que garante a sua consistência e assegura a sua integridade de forma clara e detalhada. O Regulamento de Utilização da Marca estabelece os critérios de elegibilidade exigidos em toda a cadeia de valor, desde a extração da resina no pinhal até à fase final de produção e comercialização, garantindo que a Marca é utilizada exclusivamente por entidades que cumprem um conjunto rigoroso de critérios. Estes definem as normas de controlo que garantem a rastreabilidade de todo o processo e são auditadas por entidades independentes

que verificam todas as etapas dos processos produtivos. Ao seguir estas diretrizes, assegura-se que os produtos que ostentam a Marca são autênticos, promovendo a confiança dos consumidores, elevando a competitividade dos produtos ao nível nacional e em mercados internacionais.

A identidade visual da Marca é composta por um conjunto estratégico de elementos gráficos que refletem a sua essência e personalidade, assegurando uma comunicação visual coerente e eficaz, tanto nos rótulos dos produtos licenciados como nos materiais promocionais. Esta identidade define o logótipo que identifica a Marca e especifica características essenciais, como cor e tipografia, que garantem a consistência e o reconhecimento imediato da mesma. Ao transmitir uma mensagem de confiança e qualidade, a identidade visual fortalece a conexão emocional dos consumidores com os produtos e posiciona a Marca de forma distintiva.

Desta forma, a instituição, utilização e disseminação da Marca "**Resinae - Pinaster Natural Resin**" tem como principal objetivo incentivar a diferenciação e valorização da Resina Natural extraída do pinheiro-bravo. Pretende-se também reforçar a competitividade do setor através de estratégias de marketing que valorizem a imagem das empresas e dos produtos, atraindo clientes e diferenciando-os das alternativas de origem fóssil, ao mesmo tempo que se impulsiona a produção de resina nacional e a gestão florestal sustentável desta fileira. Em última instância, pretende-se aumentar a oferta nacional e internacional das empresas e do setor, atingir novas áreas e nichos de mercado, aumentando as vendas e exportações nacionais e valorizando a Bioeconomia Nacional.

Jani Pires,^a Juliana Salvação,^a

^aCoLAB ForestWISE







A NATURAL
RENOVÁVEL

REDES SOCIAIS

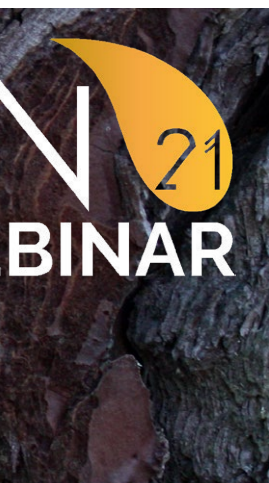
As redes sociais do Projeto Integrado RN21, têm como objetivo estreitar a relação com o público e facilitar a comunicação. Esta iniciativa reflete o nosso compromisso em manter todos os intervenientes atualizados sobre os desenvolvimentos mais recentes do Projeto, proporcionando um espaço para interações mais próximas, partilha de informações valiosas e a criação de uma comunidade envolvida em torno da Resina Natural e da nossa visão de um futuro mais sustentável.



PODCAST RN 360º

A nossa iniciativa tem como propósito promover o conhecimento sobre a Resina Natural e a sua incrível contribuição para um futuro sustentável. Cada episódio, com aproximadamente cinco minutos, é uma oportunidade de expandir o seu conhecimento sobre este recurso valioso. Junte-se a nós em episódios envolventes, onde exploramos o setor da Resina Natural e as suas diversas aplicações.

Pode encontrar todos os episódios em <https://rn21.forestwise.pt/podcast>



WEBINAR RN21

Cada webinar oferece visões de especialistas, investigadores e profissionais da área sobre a importância da resina natural, propriedades e aplicações, técnicas de extração tradicionais e inovadoras, entre outras. Junte-se a nós nesta emocionante jornada de aprendizagem, descoberta e inovação, enquanto desvendamos o potencial económico, a sustentabilidade florestal e as oportunidades de empreendedorismo, impulsionadas pela Resina Natural.

Pode rever todos os webinars em <https://rn21.forestwise.pt/webinar>

